# Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge

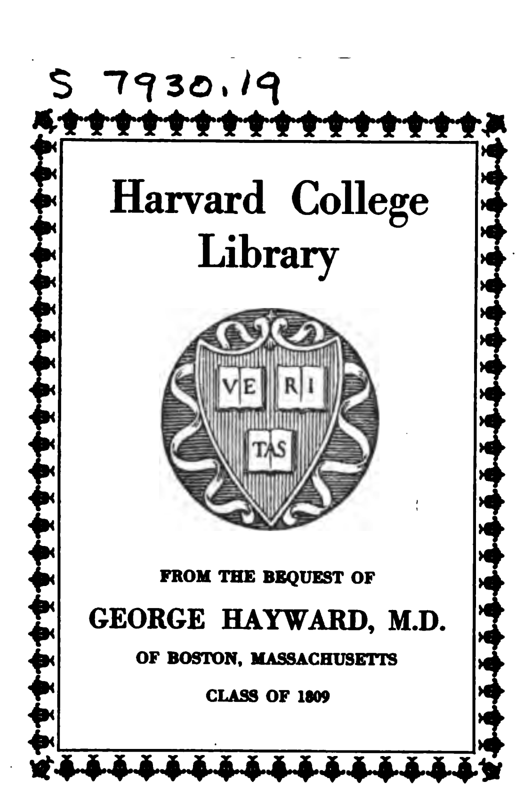
Ein Beweis vitalistischen Geschehens

Von

**Hans Driesch**

Mit 3 Figuren im Text

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1899.


Harvard College
Library
VE RI
TAS
FROM THE BEQUEST OF
GEORGE HAYWARD, M.D.
OF BOSTON, MASSACHUSETTS
CLASS OF 1809

# Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge

Ein Beweis vitalistischen Geschehens

Von

**Hans Driesch**

Mit 3 Figuren im Text

**Leipzig**

Verlag von Wilhelm Engelmann

1899.

Sonderdruck
aus: »Archiv f. Entwickelungsmechanik«. VIII. Band. 1. Heft.

# Vorwort.

Aus zwei Gründen werde ich veranlasst, diese Studie nicht nur im »Archiv für Entwickelungsmechanik der Organismen«, sondern auch separat erscheinen zu lassen, und sie so einem weiteren Leserkreis zugänglich zu machen: wegen ihres Inhalts und wegen ihrer Methode.

Ihr Inhalt gipfelt darin, dass hier zum ersten Male bewusst versucht wird, die Nothwendigkeit der Annahme einer durchaus neuen und eigenen Gesetzlichkeit biologischen Geschehens nicht nur auszusprechen, sondern auch zu begründen, nicht nur wahrscheinlich zu machen, sondern zu beweisen.

Ihre Methode ist an und für sich nicht neu, wohl aber für die Biologie. Ein klassisches Beispiel für sie aus anderen Wissensgebieten ist die sogenannte »mechanische Wärmetheorie«, welche eigentlich gerade keine »mechanische« Theorie, sondern eine rein funktionelle Darstellungsart ist. Geradeso wird hier vorzugehen versucht, mag das, äußerlich betrachtet, wegen der gänzlichen Verschiedenheit des Gegenstandes, auch nicht so scheinen: es wird analytisch formulirt, was eigentlich geschieht, oder anders: von was alles für Faktoren das abhängt, was geschieht. Ich nenne solche Betrachtungsart funktionell, und unterscheide sie von der causalen Betrachtungsart engeren Sinnes, welche aussagt nach dem Schema: »auf diese Veränderung A erfolgt jene Veränderung B«, und welche die Umstände, deren Erfüllung außer dem Eintreten der Veränderung A für das Zustandekommen von B nothwendig sind, »Bedingungen des Systems« nennt.

Wer will, mag beide Betrachtungsarten »causal« nennen und nur dem Range nach unterscheiden.

Jedenfalls sind sie beide »rationell«, d. h. sie zielen auf Allgemeinaussagen, unter die subsumirt werden kann. So wenigstens muss die Terminologie lauten, wenn wir uns dem Manne anschließen wollen, der am schärfsten den »Satz vom Grunde« analysirte, ARTHUR SCHOPENHAUER. Man sollte auch besser von »rationeller Morphologie« als von »causaler Morphologie« reden, denn das Hinzielen auf Normen des Geschehens, unter die subsumirt werden kann, ist das Hauptkennzeichen dieser jungen Wissenschaft.

Neapel, den 26. December 1898.

**Hans Driesch.**

# Inhaltsübersicht.

## Einleitung.

### § 1. Begründung der Untersuchungsvornahme.

Dass aus der Eichel ein Eichbaum wird, und dass der Eichbaum wieder Eicheln erzeugt, hat den Menschen, seit sie über die Natur zu denken anfingen, als etwas ganz besonders Wunderbares und Räthselreiches gegolten. Die Mythen aller Völker haben daran angeknüpft.

Die moderne Wissenschaft aber ist gerade einen anderen, man möchte fast sagen den umgekehrten Weg gegangen als jene Mythenbildung aller Völker. Sie ging aus von dem Geschehen an anorganischen Körpern und hat dort, wo dieses Geschehen sich in den einfachsten Qualitäten abspielt, ihre höchsten Triumphe gefeiert, den Monumentalbau der theoretischen Mechanik errichtet.

Das war gut an sich, aber gefährlich für die Weiterbildung des Wissens. Wissen wir doch, dass erst die neueste Zeit mit Ernst daran gegangen ist, sich frei zu machen von jener Art der Auffassung, welche die Mechanik nicht nur als methodisches, sondern als dogmatisches Vorbild für alle physikalischen und chemischen Wissensgebiete ansah, welche vermeinte, die Physik und die Chemie in Mechanik »auflösen« zu müssen und zu können.

Aber nicht nur in dieser Hinsicht, nämlich für die Specialgeschichte der Physik und Chemie, waren die Triumphe eines Galilei, Huyghens und Newton gefährlich, sie sind es, in anderer Weise freilich, auch für die Biologie geworden. Denn durch sie scheint es mir verschuldet, dass sich gerade die Besten unter den

Forschern lange Zeit nur jenen Disciplinen zuwandten, in denen sie glaubten, mit mechanischen Methoden arbeiten zu können, also der Physik und in zweiter Linie der Chemie, dass aber die Biologie als exakte Wissenschaft vernachlässigt ward, so weit es sich nicht um Vorgänge an lebenden Körpern handelte, die man ohne Weiteres glaubte physikalisch-chemisch »erklären« zu können.

So wurde denn gerade das, was dem naiven Menschen als der Forschung am allerwerthesten erscheint, nämlich das Formgeschehen an den Lebenskörpern, von der exakten Wissenschaft vernachlässigt.

Erst die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts brachte hier Wandlung, und man weiß, dass erst die allerjüngste Zeit eine wirklich planmäßige exakte Erforschung des biologischen 'Formgeschehens hervorgebracht hat.

Freilich ging nun diese moderne wissenschaftliche Morphologie in fast allen ihren Vertretern von einer Voraussetzung aus, in welcher sich uns wiederum die Gefährlichkeit jenes glänzenden Baues der theoretischen Mechanik offenbart: die Physik und die Chemie seien in Mechanik »aufgelöst«, so wähnte man, die Biologie müsse sich in Physik und Chemie auflösen lassen, so schloss man, damit die Mechanik nicht nur als höchste, sondern streng genommen als Allein-Wissenschaft anerkennend: neben mechanischem Geschehen nichts Anderes als die gegebene, lediglich beschreibbare Vertheilung der Materie im Raum. Die Bezeichnung »Maschinentheorie des Lebens«[1]) erscheint wohl für diese Auffassung nicht unpassend.

So ist denn also in den Augen fast aller Vertreter unserer modernen Biologie das Endresultat dieser jungen Wissenschaft im Princip klar vorher gegeben: es ist jene Auflösung in Physik und Chemie und damit in Mechanik. Alles einzelne Arbeiten ist nur Specialausführung. Jene Auflösung muss gelingen, sagen sie.

Das naive Bewusstsein des Menschen hatte also Unrecht, wenn ihm die Entstehung des Eichbaums aus der Eichel als etwas besonders Wunderbares, als etwas so ganz Anderes, als Alles, was in der leblosen Welt vor sich geht, erschien: es giebt nur ein Wunderbares, die Gesetze der Mechanik. —

Sind solche Gedanken denn wirklich wahr und begründet? —

Unsere exakte Morphologie ist noch sehr jung und hilflos, sie geht mehr tastend und unbestimmt, als dass sie bewusst schreitet, aber sie hat immerhin manche Einzelermittelungen nach verschiedenen

---

[1]) Vgl. Biol. Centralbl. XVI.

Richtungen gemacht. Ermittelungen, welche zeigen, dass wenigstens hier, in diesem engen Bereich, bei dieser Thier- oder Pflanzenart, diese bestimmten Abhängigkeiten im morphologischen Geschehen vorliegen und keine anderen.

Dürfte es da nicht an der Zeit erscheinen, sich diese Einzelermittelungen der Morphologie als Wissenschaft einmal ganz unbefangen und ohne Überzeugtsein von der Geltung der »Maschinentheorie des Lebens« anzusehen? Ja, wenn sich wohl gar zeigen ließe, dass schon diese wenigen Ermittelungen geeignet sind, dem naiven Bewusstsein und nicht der »Maschinentheorie« Recht zu geben, dass also die »Maschinentheorie« ein Dogma und kein Postulat gewesen sei, und zwar ein falsches Dogma!

Denn dass jene Theorie an und für sich dogmatisch ist, lässt sich auch wohl ohne jene Probe auf ihre Richtigkeit darthun: beruht sie doch auf einer Verwechselung der Verständlichkeit mit der empirischen Wirklichkeit des Geschehens, indem sie nämlich vermeint, es könne kein Geschehen geben, das nicht »verständlich« sei, »verständlich« sei aber nur mechanisches Geschehen. Mir scheint das Dogmatische, das heißt Grundlose dieses Satzes ist ohne Weiteres klar: der Wunsch vertritt bei ihm die Begründung. Ja, er erscheint mir so grundlos, dass ich umgekehrt fragen möchte: wäre es nicht außerordentlich merkwürdig, wenn sich alles Weltgeschehen im Sinne der Mechanik »verstehen« ließe?

So sind wir denn wohl berechtigt nachzusehen, ob etwa schon unsere geringen Ermittelungen in exakter Morphologie dem naiven Bewusstsein der Menschen auf Kosten der »Maschinentheorie des Lebens« Recht geben[1]).

## § 2. Ausgang der Untersuchung.

Im Jahre 1895 habe ich Folgendes gezeigt[2]): zerschneidet man eine ausgebildete Gastrula von Sphaerechinus granularis im »Äquator«, so dass also jede Hälfte das halbe Ektoderm und den halben Urdarm

---

[1]) Das im Folgenden diskutirte Problem beschäftigt mich seit 3—4 Jahren; mehrmals ließ ich in meinen Arbeiten durchblicken, dass es mich beschäftige (z. B. »Organisation des Eies.« Arch. Entw.-Mech. IV. pag. 102. 3. Absatz, und »Analyse der Reparationsbedingungen bei Tubularia«. Vierteljahrsschr. Zürich. XLI. Jubelband. pag. 433); das scheint aber von keinem Leser meiner Schriften gemerkt worden zu sein.

[2]) »Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen.« Arch. Entw.-Mech. II. pag. 173 ff.

enthält, so schließen sich zunächst beide Theile, die Wunden verheilen und die Kugelform stellt sich wieder her; aber nicht nur dieses, sondern der Darm jedes der beiden Theilprodukte gliedert sich später in richtiger Proportionalität in Vorder-, Mittel- und Enddarm (Fig. 1), so dass dasjenige Theilprodukt, welches die Mesenchymelemente besitzt (das »vegetative«), sogar in der Mehrzahl der Fälle einen typischen, verkleinerten Pluteus liefert, während das andere (»animale«) wegen Mangels jener Mesenchymelemente und damit der Skeletanlage, die Entwickelung nicht über jenes Stadium mit gegliedertem Darm hinausführt.

Fig. 1.

Gegliederte Därme junger Plutei von Sphaerechinus granularis (kopirt aus meiner Arbeit »Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen«).
*a* normales Objekt. *b* und *c* Objekte, welche auf dem vollendeten Gastrulastadium annähernd im »Äquator« durchschnitten waren, so dass nur die Hälfte des Entoderms (und des Ektoderms) belassen ward. Die Differenzirung ging trotzdem im Wesentlichen in typischer Proportionalität vor sich.

In dem hier geschilderten Geschehen lässt sich für die proportional-richtige Dreigliederung des Darmes der zerschnittenen Larven ein zureichender Grund unter den von uns gekannten formativen Reizarten nicht ausfindig machen; jene proportional-richtige Gliederung weist vielmehr auf eine Geschehensart principiell-nicht-maschineller specifisch-vitaler Art hin.

Die Agentien der Außenwelt, wie Licht, Schwerkraft, Salinität Temperatur können hier, weil sie theils ungerichtet, theils eindeutig gerichtet wirken, der Effekt aber in Bezug auf das organische Ganze specifisch gerichtet, lokalisirt wäre, als Auslösungsursachen nicht in Betracht kommen.

Die Gesetze der Oberflächenspannung, welche einen Flüssigkeitscylinder von gegebenem Umfang bei bestimmter Länge zwingen sich durch Einschnürungen zu gliedern, sind abgesehen von anderen Gründen schon darum als in Kraft tretend auszuschließen, weil der Urdarm bei der ganzen und bei der durch die Operation gewonnenen kleinen Larve denselben Umfang besitzt bei verschiedener Länge, während die Gliederung, wie gesagt, beide Male proportional erfolgt.

Es bleibt zu erwägen, ob die Folge irgend einer gegebenen Struktur des Eies hier vorliegen könne. Abgesehen davon, dass, wie später zu erörtern sein wird, dem Echinidenei eine lokal-specificirte Struktur auf Grund der Versuche abgesprochen werden muss, ist aber diese Alternative schon desshalb negativ zu beantworten, weil das Entoderm der Echiniden einem »positiv bestimmten Elementarprocess«[1]), also einer an dem vom Ei überkommenen Material geschehenen Wachsthumsneubildung, sein Dasein verdankt, also von der Struktur des Eies gar nicht unmittelbar abhängig sein kann. Dass es nicht mittelbar, etwa im Sinne einer vom Ektoderm ausgehenden Fernwirkung in seiner Gliederung von der Eiorganisation beeinflusst werden kann, wird dadurch bewiesen, dass eben, wie schon gesagt ist und noch des Weiteren ausgeführt werden wird, dem Ei und damit dem von ihm überkommenen Ektoderm selbst eine entsprechende Struktur gar nicht zukommt.

Es kann also weder ein äußeres Agens, noch die physikalische Materialbeschaffenheit, noch ein im Ei, wie es chemisch-physikalisch ist, gegebener Faktor der zureichende Grund dafür sein, dass auch ein Darm der Sphaerechinus-Gastrula, dem man beliebiges Material nahm, seine Entwickelung proportional richtig weiter führt. Für die Lokalisirung der Entwickelungsvorgänge an jenem Darm giebt es also unter den von uns gekannten lokalisirenden Faktoren keinen zureichenden Grund, und zwar desshalb nicht, weil sein Material selbst örtlich gleichartig ist und auch keine Ursachen angebbar sind, welche in dem geforderten Sinne örtlich ungleichartig wären.

Weil nun jenes Darmmaterial örtlich gleichartig ist und, wie durch andere Versuche gezeigt, auch das Ei der Echiniden dieses Kennzeichen trägt, kann ferner nicht nur vom Process der Darmgliederung der operirten Gastrulae, sondern auch von demjenigen der intakten, also »normalen«, ausgesagt werden, dass er in seiner örtlichen Specifität mit den bekannten Mitteln ursächlich unverständlich sei.

Es ist somit an einem Specialfall gezeigt, dass die Lokalisirung ontogenetischer Processe etwas mit unseren jetzigen Kenntnissen elementarer Naturgeschehensarten Unverständliches sein könne. Gerade dieser Specialfall wurde als Einführung der Untersuchung gewählt, weil sich mir bei seinem Durchdenken zuerst das hier vorliegende Problem als solches enthüllte.

---

[1]) Siehe meine »Analyt. Theorie«. pag. 75 ff.

Es wird sich im Verlauf der Untersuchung nun darum handeln, weitere Fälle namhaft zu machen, in denen die Lokalisation ontogenetischer Geschehnisse zu einem Problem sui generis wird. Dann werden wir allgemein den Fall behandeln, wann und warum sie es werden muss, und was es eigentlich bedeute, dass sie es werde.

Durch die Beantwortung der Frage »was geschieht hier eigentlich?« werden wir so geführt werden zu einem Satze, welcher ein elementar-vitales Geschehen ausdrückt. Folgerungen aus der Stabilirung eines solchen Satzes zu ziehen, werden wir endlich nicht unterlassen.

## Abschnitt I. Erörterung einzelner Lokalisationsprobleme.

### § 1. Die Differenzirung des abgefurchten Echinidenkeimes.

Nachdem gezeigt ist, dass die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge ein Problem sein könne, beginnen wir damit, ein weiteres Beispiel eben dieses Problems aus der Erörterung der an Blastomeren des Echinideneies gewonnenen Resultate zu gewinnen.

Es ist hier im Einzelnen bewiesen:

1) Dass Bruchstücke des Eies, seien sie nach, seien sie vor der Befruchtung erhalten, sich zwar bald als Bruchstücke, bald als verkleinerte Ganze furchen, aber stets, wenn sie nicht gar zu klein sind, verkleinerte ganze Larven liefern[1]).

2) Dass isolirte Blastomeren bezüglich der Zellengröße sich furchen, wie sie es im Eiverband gethan hätten, dass die von ihnen gelieferten Furchungsstadien bald mehr kompakt, bald mehr hohl gestaltet sind, dass aber, gleichgültig wie dem gewesen sei, eine Blastula aus diesen Furchungsstadien ohne regenerative Sprossungsvorgänge, nur durch Lageveränderung der Elemente entsteht und aus dieser Blastula stets eine ganze, verkleinerte Larve hervorgeht[2]).

3) Dass völlige Veränderung des Furchungstypus nach Zelllage und Zellgröße, verursacht durch Temperaturerhöhung[3]) oder Änderung der Salinität[4]) den normalen Verlauf der Weiterentwickelung nicht stört.

---

[1]) »Organisation des Eies.« Anhang 1. Arch. Entw.-Mech. IV. pag. 104ff.

[2]) »Entwickelungsmech. Studien.« I. Zeitschr. f. wiss. Zool. LIII; III. ebenda LV; IX. Mitth. Neapel. XI.

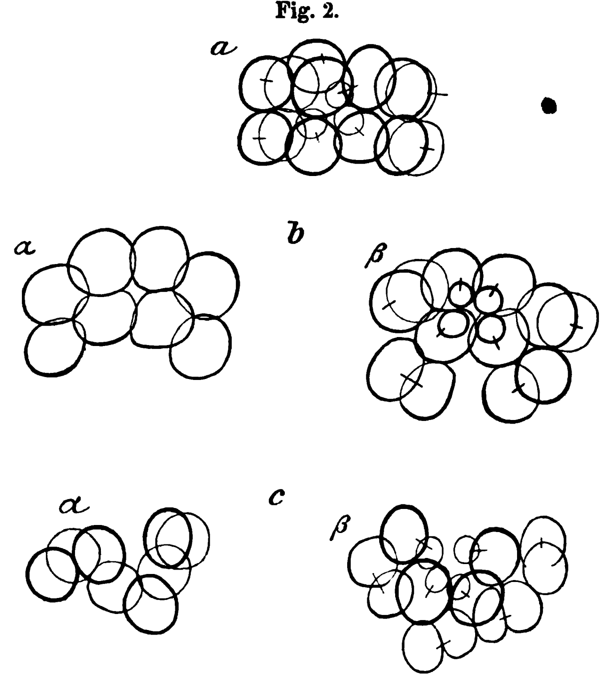
[3]) »Entwickelungsmech. Studien.« IV. Zeitschr. f. wiss. Zool. LV.

[4]) »Studien.« VIII. Mitth. Neapel. XI.

4) Dass Gleiches von Veränderungen der Lage der Kerne im Eiganzen durch Druckwirkung[1]) gilt.

5) Dass auch, wenn man im achtzelligen Stadium die Zellen in eine Ebene aus einander schüttelt, oder, was neuerdings von mir ausgeführt und seiner Wichtigkeit wegen hier illustrirt ist (Fig. 2), sie

Fig. 2.




*a* und *b* Sphaerechinus granularis, *c* Echinus microtuberculatus. Im achtzelligen Stadium, in welchem normaler Weise die Blastomeren in zwei Schichten zu vier über einander liegen, wurden sie mittels eines Deckglases in eine Schicht zusammengepresst (Fig. *a* und *b*) oder mindestens stark derangirt (Fig. *c*). Die folgende zum sechzehnzelligen Stadium führende Furchung geht dann der neuen Lage entsprechend (bei *a* bildeten sich nur drei Mikromeren) aber sonst typisch vor sich: es entstehen aus der einschichtigen achtzelligen Platte zunächst zwei über einander gelegene achtzellige. Alles verläuft ganz wie bei meinen früher geschilderten »Druckversuchen«, nur dass jetzt nicht nur die Kerne, sondern Kerne und Plasmaleiber durchaus verlagert sind.
Die abgebildeten Objekte und noch 14 andere ergaben durchaus normal gestaltete Plutei.

durch Druckwirkung zu einer Platte zusammenpresst, also Plasma und Kerne gleichermaßen verlagert, normale Entwickelungsprodukte entstehen[2]).

6) Dass beliebig zerschnittene, eben fertige, schwimmende Blastulae auch normalen kleinen Larven den Ursprung geben[3]).

---

1) »Studien.« IV. loc. cit. und »Zur Verlagerung der Blastomeren etc.« Anat. Anz. VIII. pag. 348.

2) »Organisation des Eies.« Anhang 2. Arch. Entw.-Mech. IV. pag. 112 ff.

3) »Analyse der Potenzen etc.« Arch. Entw.-Mech. II. pag. 171 ff.

Nr. 2) und 6) sind auch für das Asterias-Ei bewiesen worden, so dass anzunehmen ist, dass auch die übrigen Versuchsanstellungen bei diesem Ei entsprechende Resultate geben würden.

Es ist somit allgemein für das Echiniden- (und Asteriden-)Ei bewiesen:

I. Die Abhängigkeit der Furchung von einem im Protoplasma des Eies gegebenen Faktor, aber auch

II. eine Regulirbarkeit des Eiprotoplasmas in Bezug auf eben diesen Faktor.

III. Gleichheit der Plasmatheile des Eies in Bezug ihrer morphogenen prospektiven Potenz.

IV. Gleichheit der Kerne in Bezug auf dieselbe.

Da nun, bei nachgewiesenem Ausschluss äußerer Ursachen, und angesichts der prospektiven Gleichheit der Eitheile sonst nicht einzusehen wäre, wie am Keim überhaupt ein örtlich lokalisirtes Geschehen eingeleitet werden könnte, so ist ein causales Postulat[1]):

a) dass irgend eine Art des Gerichtetseins den Theilen des Eies zukomme, sowie dass ihm zukomme

b) eine Art der Regulirbarkeit dieses Gerichtetseins nach Störungen, welche spätestens im Stadium der Blastula, bisweilen, bei Eibruchstücken, schon vor Beginn der Furchung in Kraft tritt;

c) dass die erste auftretende Ungleichheit (Differenzirung) des sich weiter entwickelnden Keimes dem Orte nach von jenem Gerichtetsein in irgend einer Weise abhänge.

Wir legen uns jetzt die Frage vor, wie jenes postulirte Gerichtetsein und wie die Abhängigkeit der Differenzirung von ihm in Bezug auf den Ort beschaffen sei, und zwar gewinnen wir die Antwort durch Erörterung dessen, was auf Grund der Versuchsergebnisse nicht als Merkmal jener »Organisation« gelten kann.

Darin nämlich, dass jeder beliebige Eitheil, sowie das Eiganze in beliebiger Verlagerung eine ganze Larve liefern, also jene »Organisation«, die postulirte Vorbedingung zum Eintritt lokalisirten specifischen Geschehens überhaupt, nach Störung regulatorisch wieder herzustellen vermag, kommt zum Ausdruck, dass eben die »Struktur« des Eies nicht aus mannigfach-verschiedenen Elementen in irgendwie typisch-specifischer Lagerung aufgebaut sein könne, die etwa zu den späteren Differenzirungen in irgend einer Beziehung stünden. Denn wenn man Mannigfach-Verschiedenem in typischer

---

[1]) »Studien.« X. Mitth. Neapel. XI. und »Anal. Theorie.« pag. 32 ff.

Raumordnung gewisse Elemente, die ja selbst nach Qualität und Ordnung typisch wären, nimmt, dann ist nicht vorstellbar, wie durch Regulation das Ganze wieder erstehen könnte. Man müsste denn annehmen, dass der belassene Rest die Fähigkeit besäße, eben das ihm Genommene, ihm Ungleiche, regulatorisch wieder zu erzeugen, wodurch man aber auf jede Analyse verzichten und einen Räthselkomplex an den Anfang aller Untersuchung setzen würde.

Wenn das aber nicht nöthig ist, darf es auch nicht geschehen; und es ist nicht nöthig.

Wir können also die Struktur des Eies der Echiniden und Asteriden nur bestehen lassen in einem Gerichtetsein der Theile in einer in Bezug auf das Ganze festen Richtung; wir können, kurz gesagt von »Polarität« des Eies reden, die ja auch in der Polarität der Furchung zum Ausdruck kommt. Verbildlichen würde sich, wer dergleichen liebt, die postulirte Polarität durch Annahme der Magnetisirung der Theilchen des Eies wohl können.

So hätten wir denn gezeigt, welcher Art die Organisation des Echinideneies nur sein könne, und könnten übergehen zur Erörterung, wie die Differenzirung in ihrer Lokalisation von jener »Polarisation« abhängig zu denken sei, wenn nicht unsere bisherige Diskussion noch unvollständig gewesen wäre:

Es ist nämlich principiell causal unverständlich, wie aus einem nur polarisirt-gerichteten Ganzen, bei Ausschluss entsprechender äußerer Faktoren, ein Mannigfaltiges hervorgehen solle, das bilateral geordnet ist, wir müssen daher der »Struktur« unseres Eies unbedingt noch eine zweite auf der ersten senkrecht stehende ungleichpolige Achse zuschreiben, also eine durchgängig doppelte Ungleichpoligkeit seiner (ihrer Größe und Natur nach durchaus unbestimmt gelassenen) Theile, welche nach Störungen stets früher oder später wieder hergestellt werden kann[1]).

Mehr dürfen wir aber, eben wegen unserer Versuchsresultate dem Echiniden- und Asteridenei nicht zuschreiben; jene Eier besitzen also keine aus differenten, typisch geordneten Mannigfaltigkeiten aufgebaute Struktur[2]).

---

[1]) Darauf, wie sich die postulirte »Richtungsbilateralität« etwa äußerlich darstellt, sowie auf ihre eventuelle Induktion durch äußere Faktoren (z. B. nach Roux durch die Befruchtungsrichtung) soll hier nicht eingegangen werden. Siehe meine »Organisation des Eies etc.« Arch. Entw.-Mech. IV. pag. 91 ff.

[2]) Alles hier und im nächstfolgenden Abschnitt Gesagte ist näher ausgeführt in meiner Schrift über »Die Organisation des Eies.« Arch. Entw.-Mech. IV.

Wenn sie aber eine solche Struktur nicht besitzen können, sondern nur gleichsam ein Koordinatensystem ihrem Gerichtetsein nach darstellen, wie können wir denn nun verstehen, dass an einem so gearteten Gebilde Mannigfaltigkeiten in typischer Lokalisation, und zwar nicht nur an den Polen, sondern in jeder beliebigen, aber typischen Lage auftreten?

Die Mesenchymzellen der Echiniden ordnen sich zu einer in ganz bestimmtem Abstand vom unteren und oberen Pol gelegenen, typisch proportionirt gebildeten bilateralen Figur; nun ist zwar nachgewiesen, dass sie einer vom Ektoderm ausgehenden attraktiven Wirkung ihre Lage, vermittels Wanderung, verdanken[1]), aber wie kommt es, dass jene Wirkung von so typisch gekennzeichneten Stellen des Ektoderms ausgeht?

Dass ferner an den Gastrulis unserer Formen nach geraumer Zeit sich auch äußerlich die Bilateralität ausprägt, dass ihre eine Seite mehr flach, ihre andere mehr gewölbt erscheint, vermöchten wir auf Grund unserer postulirten Struktur wohl principiell, so weit die Lokalisation in Frage kommt, zu begreifen, aber wie kommt es nun, dass sich in typischen Abständen von allen Seiten und bei den Larven aus Eitheilen in proportional-verkleinerten Abständen der Mund bildet? Dass er durch einen vom Darm etwa ausgehenden Berührungsreiz nicht ausgelöst wird, ist direkt gezeigt[2]).

Wie kommt an dem prospektiv-gleichwerthigen Material des Asterias-Keimes die Bipinnarienwimperschnur zu ihrer so ganz typisch-lokalisirten Entstehung?

Für alle diese Fragen sind wir, was ihre Beantwortung anlangt, in durchaus derselben Lage wie oben beim die Betrachtung einleitenden Fall der Gliederung des Gastruladarmes: die von uns gekannten formativen Auslösungsarten, jetzt von uns nur in Bezug auf ihren Lokalisationswerth aufgefasst, reichen nicht aus, um hier begriffliche Subsumption zu gestatten, das heißt zu »erklären«:

In allen hier besprochenen Fällen geschehen die ontogenetischen Differenzirungen in typischen Abständen von gegebenen Orten unter Wahrung der Proportionalität des Ganzen. Das ist Alles, was wir sagen können. Eben dieser Satz schließt ein Problem sui generis ein.

Wir wollen in diesem Abschnitt nur das Problem in seiner Mannigfaltigkeit vor Augen führen; noch nicht sein eigentliches Studium beginnen, noch nicht die Untersuchung vertiefen.

---

1) »Taktische Reizbarkeit etc.« Arch. Entw.-Mech. III.
2) »Studien.« VII. Mitth. Neapel. XI.

## § 2. Die Differenzirung anderer abgefurchter Keime.

Erweitern vielmehr wollen wir zunächst das Untersuchungsmaterial und gehen daher an erster Stelle auf die Besprechung der Resultate ein, welche an anderen Eiarten gewonnen wurden und äußerlich differiren von den Ergebnissen, welche das Experimentiren an Echinodermeneiern zeitigte. Dass die Eier des Amphioxus, der Fische, Ascidien, Medusen sich den Echinodermeneiern ähnlich verhalten, die an ihnen gewonnenen Resultate daher auch die von uns gezogenen Schlüsse zu ziehen berechtigen, ist bekannt; ebenso dass das nicht in gleichem Maße von den Eiern der Amphibien, Ctenophoren und Mollusken gilt.

Was lehren denn nun die Eier der letztgenannten Formen in unserer Frage? das wollen wir zunächst untersuchen, aber nur um zu exemplificiren und in Kürze, um so mehr als die betreffenden Umstände erst vor nicht langer Zeit, freilich ohne Rücksicht auf unser Problem, von mir diskutirt worden sind[1]).

Wenn Eier bestimmte Stoffe an bestimmtem Orte enthalten, und diese Stoffe in bestimmte Furchungszellen gelangen, dass dann an diesen Zellen andere Dinge in Hinsicht der Differenzirung geschehen als dort, wo jene Stoffe nicht vorhanden sind, das vermögen wir principiell zu begreifen, hier wird die Lokalisation des differenten Geschehens nicht zu einem Problem sui generis, und ebensowohl vermögen wir einzusehen, warum Differenzirung ausbleibt, wenn ihr in irgend einem »Stoff« ein nothwendiges Mittel entzogen wird[2]).

Aber wo nicht solche typisch-charakterisirte Stoffe in einem Ei vorhanden sind, da ist man aus der bloßen Thatsache etwa des Entstehens von Halbembryonen aus einer Blastomere des Ctenophoren- oder Ilyanassa-Eies **nicht** berechtigt, nun etwa diesen Eiarten im Gegensatz zum Echinodermenei eine aus verschiedenen, typisch-lokalisirten, zur Differenzirung in Beziehung stehenden Mannigfaltigkeiten aufgebaute Organisation zuzusprechen, und sich so etwa die Lokalisationen des späteren Geschehens als mit den von uns gekannten formativen Mitteln »verständlich« zu denken.

Ich habe schon oft darauf hingewiesen und thue es hier wieder, dass solche Versuchsresulate zunächst **nur** das **Nichtinkrafttreten** jener bei den Echiniden etc. obligatorischen Regulirbarkeit der

1) »Organisation des Eies.« Arch. Entw.-Mech. IV.

2) Vgl. hierzu CRAMPTON's einen Versuch an Ilyanassa. Arch. Entw.-Mech. III. pag. 7. E.

Eimasse zum Organisationsganzen zeigen, gar nichts weiter, nicht einmal die absolute Nichtexistenz jener Regulirbarkeit, denn die Doppelheit der am Froschei gewonnenen Resultate[1]) hat uns gezeigt, dass zum Inkrafttreten jener Regulirung bald die Bedingungen erfüllt sein können, bald nicht.

Sind sie aber nicht erfüllt, tritt also in der isolirten Blastomere weder früher noch später eine Wiederbildung des Organisationsganzen ein, dann dürfen wir auch keine Ganzbildung erwarten. Dann ist ja vielmehr das, von dem die Differenzirung ausgeht, die unregulirte Halb- oder Viertelorganisation: ganz ebenso unverständlich mit den von uns gekannten formativen Mitteln, wie die immer Ganzes liefernde Echinidenentwickelung, geht dann an ihr das von ihr als primärem Organisationsbruchtheil der Lokalisation nach Abhängige vor sich, entsteht also eine definitive Bruchtheilorganisation. Und keine anderen Erwägungen würden gelten, kein principieller Gegensatz im Fundamentalgeschehen stattfinden, wenn etwa die Blastomeren eines ziemlich weit abgefurchten Ctenophoren- oder Annelidenkeimes, durch einander gewürfelt, ein seltsames Konglomerat von nicht zu einander passenden Bruchstücken der definitiven Organisation produciren sollten.

Doch werden wir ja erst später sehen, worin eigentlich jenes »Fundamentalgeschehen« in letzter Form besteht, und hier sollte nur dieses gezeigt werden, dass das Inkrafttreten der von uns für gewisse Fälle mit Sicherheit aufgezeigten neuen Art elementaren Geschehens in anderen Fällen, wo man immerhin auf Grund der Versuche an die Existenz einer typisch-komplicirten Eiplasmaorganisation denken könnte, mindestens nicht unwahrscheinlich oder unmöglich ist, so dass man also an Stelle jener thatsächlich ja nie gesehenen[2]) komplicirten Struktur, bei Annahme der von uns eruirten Elementargeschehensart, eine dem beobachteten Thatbestand besser entsprechende einfache, aber nicht, oder nicht immer regulirbare Eiorgani-

---

[1]) MORGAN, Half-Embryos and Whole-Embryos from one of the first two Blastomeres of the Frog's Egg. Anat. Anz. X.

[2]) Mit solchen »unsichtbaren Strukturen« wird jetzt sehr viel gewirthschaftet, namentlich in allen »Cell-Lineage«-Arbeiten; ich selbst habe das mitgemacht und wohl gar angeregt. — Interessant ist in dieser Beziehung eine Mittheilung von CHILD (Zool. Bull. I. pag. 80), dass am Annelidenei die sichtbaren Körnchen jedenfalls mit der Formbildung nichts zu thun haben, denn sie gelangen z. B. bei Arenicola in alle, hier gleich großen, Blastomeren, bei Sternaspis nur in die durch ihre Größe hervorragenden Entomeren, ohne dass darum bei beiden Formen die prospektive Bedeutung ähnlich gelagerter Zellen verschieden wäre.

sation setzen kann. So verbreiten also unsere aus den Echinidenversuchen gewonnenen Abstraktionen Licht auch auf scheinbar heterogene Fälle: das scheinbar Heterogene der Fälle liegt eben nur im Mangel des Regulationsvermögens der Eiorganisation und eventuell noch, damit verbunden, in dem frühzeitigen Inkrafttreten unserer neuen lokalisirenden Geschehensart begründet; doch wird darüber, ob wirklich allemal, wenn »frühzeitige Differenzirung« von Blastomeren auf Grund reiner Beobachtung behauptet worden ist, wirklich eine wahre absolute Fixirung ihrer prospektiven Potenz eintrat, nur das Experiment[1]) entscheiden können.

### § 3. Die Differenzirung von Elementarorganen allgemein.

Oben ist aufgezählt, was Alles von den Blastomeren der Echiniden bewiesen ist. Es ist nun ferner von den ersten Stadien der Weiterentwickelung jener Formen bewiesen, dass die Zellen jedes vorhandenen Elementarorgans unter sich gleiche, aber zugleich specifisch beschränkte, das heißt, von den Zellen der anderen Elementarorgane abweichende prospektive Potenz besitzen.

Wegen der prospektiven Gleichheit der Zellen eines Elementarorgans unter sich wiederholt sich also für die Lokalisation der Folgeentwickelung hier Alles principiell eben so wie bei der Differenzirung der Blastomeren und stellt sich dasselbe Problem nur in neuer Form dar. Auch das einfache Gerichtetsein der Gesammtmasse, welches für die Speciallokalisation der Folgeentwickelung des abgefurchten Keims den allgemeinen Orientirungsrahmen abgab, fehlt hier nicht und ist meist, wie z. B. beim Urdarm der Echinidenlarve schon dadurch gegeben, dass das betreffende Elementarorgan eben einen Ursprung A und ein Ende B hat.

Doch bedarf es weiterer Specialausführung hier nicht, da ja unser Lokalisationsproblem in der Form der Weiterdifferenzirung gegebener Organe Eingangs am Beispiel der Differenzirung des Echinidenurdarms ausführlich diskutirt ist und für mich gerade den Anlass zur Erfassung des Problems überhaupt abgegeben hat. In Fig. 3 sind hier der Wichtigkeit der Sache halber auch die entsprechenden Verhält-

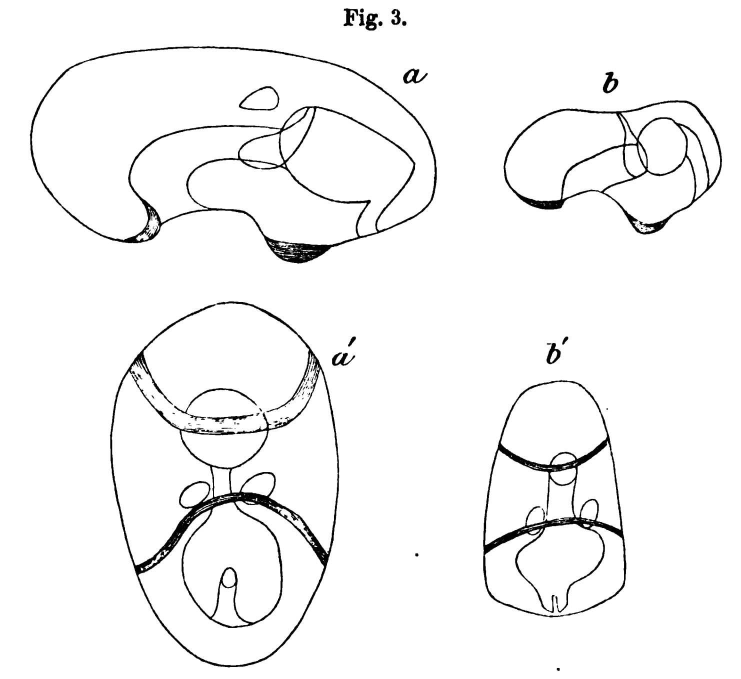
---

[1]) Die Verlagerungsexperimente FISCHEL's haben für Ctenophoren wohl in der That eine sehr frühzeitige Fixirung der Potenz der Mikromeren zu einer specifischen »prospektiven Bedeutung« derselben bewiesen. Arch. Entw.-Mech. VI und VII. Auf eine unsichtbare komplicirte Eistruktur brauchen aber auch diese Fälle nicht hinzuweisen.

nisse an Larven von Asterias glacialis dargestellt, zu deren Verständnis die Figurenerklärung genügen wird.

Allgemein mag immerhin besonders hervorgehoben werden, dass gerade Elementarorgane, die ich »positiv bestimmt«[1]) nenne, d. h. die als etwas Neues an ihrem Mutterboden entstanden sind, also z. B. das Entoderm der Echinodermen, im Gegensatz zum Ektoderm,

Fig. 3.




**Bipinnarien von Asterias glacialis (kopirt aus meiner Arbeit »Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen«).**
**a und a' normale Objekte von der Seite und von unten. b und b' Objekte, ebenfalls von der Seite und von unten, welche auf dem Gastrulastadium derart durchschnitten waren, dass ihnen etwa die Hälfte ihres Ektoderms und vom Entoderm ein erhebliches Stück des freien Endes genommen ward Die Differenzirung, im Besonderen, worauf hier das Augenmerk gelenkt sei, die Gliederung des Urdarms (einschließlich der Cölombildung) ging trotzdem im Wesentlichen in typischer Proportionalität vor sich.**

welches ja eigentlich das nicht zum Entoderm gewordene Blastoderm darstellt, dass gerade positiv bestimmte Elementarorgane besonders deutlich erkennen lassen, wie die Lokalisation ihrer Weiterdifferenzirung ein Problem sui generis sei: denn außer Ende und Anfang sind an ihnen keine Differenzen gegeben, und jedes ihrer Elemente ist wirklich nur durch seinen Abstand vom Ende und Anfang gekennzeichnet.

---

[1]) Anal. Theorie. pag. 75 ff.

Um sich recht deutlich zu vergegenwärtigen, was ich hier meine, denke man z. B. an die Weiterdifferenzirung der Ascidienknospen: ihre erste Anlage ist eine kleine Ausbuchtung von Epithel; wie sollen hier, bei Ausschluss äußerer Ursachen und wenn wir, was wir nach Analogie müssen, den Konstituenten gleiche prospektive Potenz zuschreiben, die zureichenden Ursachen der Differenzirungslokalisation in den uns bekannten formativen Mitteln gefunden werden? Und Entsprechendes gilt in allen ähnlichen Fällen[1]).

## § 4. Die Genese des Eies.

Eine nicht unwichtige Konsequenz gestattet endlich noch die Betrachtung der Differenzirung positiv bestimmter Organe zu ziehen: Wir haben oben erörtert, dass wir, abgesehen von wenigen Fällen, nie genöthigt sind, den Eiern einen über ein allgemeines Gerichtetsein hinausgehenden Bau zuzuschreiben, ja dass in vielen Fällen ein solcher Bau sicherlich nicht besteht. Wir können nun hier ergänzend hinzufügen, dass, wenn man doch für die Eier mancher Formen einen komplicirteren Bau anzunehmen belieben sollte, dieser Bau dann ja auch ontogenetisch durch typische Folge von Elementarprocessen entstanden sein muss: da wir nun gesehen haben, dass jede Art der positiven Differenzirung in Hinsicht der Lokalisation ein Problem darbietet, so würde das natürlich auch von der Entstehung des Eibaues gelten. Will man also unserer Problemaufstellung hinsichtlich der Blastomerendifferenzirung durch Annahme eines komplicirten Eibaues entgehen, so übersieht man, dass einem nun bei der Ausgestaltung eben jenes supponirten typisch-komplicirten Eibaues jenes selbe Problem, nur in etwas anderer Form entgegentritt.

## § 5. Die Reparation der Tubularia.

Die seltsame regulatorische Reparation der Tubularia sei ein weiteres Beispiel, an dem wir unser Problem der Lokalisation ontogenetischer Vorgänge erläutern.

Wie immer man einen Stamm der Tubularia zerschneiden mag, stets bildet jedes freie Ende desselben, und zwar das oralwärts gewendete zuerst, einen neuen Hydranthen[2]). Dieser neue Hydranth

[1]) Bei einer Aiptasia-Art (Actinie) zerschnitt ich die im Aquarium gebildeten »Knospen« in zwei oder vier Stücke, und jedes Theilstück hatte sich nach Verlauf einiger Wochen zu einer vollständigen kleinen Actinie umgebildet. Wie konnte das ohne die von uns angenommenen Mittel geschehen?

[2]) J. Loeb, Untersuch. physiol. Morph. I. 1890.

wird aber nicht von der freien Schnittfläche aus durch regenerative Sprossung gebildet, sondern durch Umwandlung des cönosarkalen Materials auf einen bestimmten Bezirk von der Schnittfläche aus hin[1]). Man sieht es also, eben weil keine echte Regeneration, sondern das, was ich Reparation nenne[2]), vorliegt, liegen die Verhältnisse ganz so, wie sie bei der Differenzirung des abgefurchten Echinidenkeimes oder bei der Specialdifferenzirung des Echinidendarmes liegen. Wir haben vor uns ein Material bestehend aus Elementen von gleicher prospektiver Potenz, wenn wir nämlich als »Element« jeden beliebig kleinen Querschnitt des Stammes betrachten, und davon, dass das Cönosarc in radialer Richtung ja aus verschiedenen typischen Elementen besteht, absehen; das so geartete Material hat eine Richtung, indem es eben Anfang und Ende hat, oder auch ein Ende, an dem die Wundfläche liegt, und ein anderes, an dem sie nicht liegt. Was also kann die Ursache sein dafür, dass in bestimmten Abständen von der Wundfläche aus, also nicht an ihr selbst, nicht dort, wo eine Veränderung durch die Operation gesetzt wurde, die geschilderten Materialumwandlungen, die zur Hydranthbildung führen, zunächst die Anlagen der beiden Tentakelkränze in Form zweier Ringe, entstehen? Da sieht man wohl einen körnigen rothen Stoff als Vorläufer aller Differenzirung im Cönosarcinneren auftreten und mag ihn hydranthenbildenden Stoff nennen. Aber — wir kommen auf die Frage der »organbildenden Stoffe« im Allgemeinen noch zurück — mag auch die Bezeichnung zutreffen, so ist damit jener »Stoff« doch noch nicht typisch zum werdenden Hydranthen lokalisirt, und gerade für die Lokalisirung der zu ihm führenden Bildungen suchen wir ja einen Grund.

Was für ein Grund denn kann das sein? Äußere lokalisirende Faktoren sind natürlich ganz und gar ausgeschlossen, aber was bleibt dann übrig? Ist doch die einzige am Stamm in der Längsrichtung vorhandene Differenz die, dass er an einem Ende eine Wundfläche hat, am anderen nicht. In Bezug auf diese Wundfläche, aber nicht an ihr, wird eben in typischer Lokalisirung die Hydranthenanlage gebildet, das ist Alles, was wir sagen können; mehr können wir auf Grund dessen, was wir über formative Mittel wissen, eben nicht sagen, und so tritt uns denn die elementare Natur des Problems der Lokalisation wieder in ganzer Schärfe auch hier entgegen.

---

1) E. Bickford, »Regen. and Heteromorph. of Tubul. Hydr.« Journ. Morph. IX. Referirt: Arch. Entw.-Mech. II.

2) »Analysis d. Potenzen.« Arch. Entw.-Mech. II. pag. 191.

## § 6. Regeneration.

Ein Umstand, der später allgemein zu diskutiren sein wird, ist der, dass in allen bisher erörterten Fällen von ontogenetischer Lokalisation die prospektive Potenz der Gebilde, welche die Basis zur Differenzirung abgab, gekennzeichnet war dadurch, dass jedes Element jedes einzelne liefern konnte.

Auch bei echten Regenerationsvorgängen nun kommt eine besondere Potenz der die Regeneration leistenden Basis als Voraussetzung des Geschehens in Rechnung, aber sie ist hier gekennzeichnet dadurch, dass jedes (Querschnitts-)Element die Totalität des fehlenden liefern kann; besser vielleicht noch gesagt: sie kann die Anlage der Totalität des fehlenden liefern.

Es wird nämlich passend sein, begrifflich zwei Vorgänge bei echten Regenerationen zu sondern: einmal die Bildung derjenigen Elemente, welche im strengsten Sinne von vorhandenen Elementen geliefert werden, zum Anderen die Geschehnisse an den so gelieferten Elementen, also auch alle weiteren an ihnen nach ihrer Neuentstehung geschehenden Theilungen. Die erste Vorgangsreihe sei Anlageentstehung, die zweite Anlagedifferenzirung genannt. Die »Anlage« selbst ist gleichsam eine Knospe mit specifischer prospektiver Potenz der Elemente und zwar wahrscheinlich — (Versuche liegen hier noch nicht vor) — mit gleichmäßig vertheilter prospektiver Potenz; ihre Differenzirung[1]) würde dann also unter denselben Gesichtspunkt fallen, wie alle oben diskutirten uns unverständlichen Differenzirungsfälle und würde keine besondere Besprechung erheischen. Die »Anlageentstehung« ist der Vorgang, welcher eben auf die andere Art der Potenz des Mutterbodens, dass nämlich jedes (Querschnitts-)Element desselben die Totalität des fehlenden (als Anlage) liefern könne, hinweist.

Die Lokalisation des Geschehens, welches eben auf dieser Art der Potenz des Mutterbodens beruht, ist nun nicht eine so problematische Sache, wie die Ausgestaltungslokalisation. Denn hier geht ja das Geschehen gar nicht an mehrfachen, typischen, sondern nur an einem (Querschnitts-)Orte vor sich, und für diesen ist, im Gegensatz

[1]) Auf die Frage, in wie weit der Satz zu Recht bestehe, dass bei echt regenerativen Vorgängen die Gewebe sich immer auf ihres Gleichen zurückführen, ist hier mit Absicht nicht eingegangen; dass er nicht allgemein gilt, zeigt ja schon die WOLFF'sche Entdeckung der Linsenregeneration beim Triton. Vgl. auch die Arbeit von HELEN DEAN KING: »Regeneration in Asterias vulgaris.« Arch. Entw.-Mech. VII.

zum Reparationsgeschehen an Tubularia, eine als »Ursache« geltende Veränderung gesetzt, mag man nun nur die Wundfläche als solche, oder die Widerstandsentfernung oder was sonst dafür ansehen.

Auf alle Fälle geschieht hier Etwas nur einfach-eindeutig, nicht typisch-verschiedenartig lokalisirt, und so bietet denn der echte Regenerationsprocess, wenigstens so weit seine erste Inscenirung in Frage kommt, nicht unser »Lokalisationsproblem« in irgend einer Form dar; dass das Problem freilich bei der Ausgestaltung der »Regenerationsanlage« strengsten Sinnes wieder auftaucht, ist klar und ja auch besonders betont.

## § 7. Botanische Beispiele.

Um die Einheitlichkeit des Geschehens im ganzen Bereich des Belebten hervortreten zu lassen wird es am Platze sein, auch einige botanische Vorkommnisse zu berücksichtigen.

Freilich geschehen die meisten Neubildungen der Pflanzen auf Grund einer Art der prospektiven Potenz der bildenden Elemente, welche derjenigen, auf der die echte Regeneration bei Thieren beruht, in gewisser Hinsicht ähnlich ist, die Lokalisation der Anlage solcher Bildungen bietet daher unser besonderes Problem nicht ohne Weiteres dar, ganz abgesehen davon, dass, wie später zu erörtern sein wird, äußere Agentien hier oft als lokalisirende Faktoren nachweislich eintreten. Bei der Ausgestaltung angelegter Bildungen könnte natürlich unsere Fragestellung wieder zur Geltung kommen, doch liegt hier experimentell gewonnenes Material nicht vor. Immerhin seien einige bezügliche Thatsachen namhaft gemacht.

»So bringen es die räumliche Lage und die aus dieser entspringenden Induktionen mit sich, dass bestimmte Zellen des Urmeristems den Zuwachs für die Gefäßbündel liefern. Denn dass diese Zellen in sich allein eine solche Bestimmung nicht tragen, lehrt ihre Fähigkeit, sich an einer künstlich hergestellten Wundfläche zu Callus und anderen Gewebeelementen zu gestalten. Auch vermögen solche Binnenzellen direkt oder durch ihre Nachkommen die Epidermis zu ersetzen, wenn ihnen durch eine entsprechende Operation eine peripherische Lage aufgedrängt wird« (PFEFFER[1]). In diesen Mittheilungen ist freilich wohl mehr das Material für künftige analytische Untersuchungen als das Resultat einer solchen Untersuchung selbst enthalten: es ist schwer aus der summarischen Darstellung zu ersehen, wo hier etwa

---

[1]) Pflanzenphysiologie. 2. Aufl. I. pag. 23/24. 1897.

äußere Reize der bekannten Arten als lokalisirende Faktoren ausgeschlossen sind, wo nicht[1]).

Etwas mehr lässt sich für unseren Zweck aus einigen Mittheilungen GOEBEL's[2]) entnehmen: Wenn (pag. 21) bei Pediastrum granulatum »die den Rand der tafelförmigen Kolonie einnehmenden Zellen andere Gestalt haben als die inneren«, während doch jede Zelle jede der beiden Formen annehmen könnte, so ist hier zwar ein deutlicher äußerer Faktor als Lokalisationsbestimmer des realisirten Geschehens gegeben; ähnlich bei Volvox. Wenn aber (pag. 21) angegeben wird, dass, nach BREFELD, bei gewissen Myxomyceten die aus den Sporen hervorgegangenen nackten Energiden zur Bildung des Fruchtkörpers in großer Zahl zu »einer dichten Masse« zusammenkriechen, und dass dann in dieser Masse eine »Arbeitstheilung« eintritt, indem sie sich zu einem komplicirten Gebilde differenzirt, so liegen hier in der That die Verhältnisse ganz wie bei der Differenzirung des Echiniden-Keimes: die prospektive Potenz der Elemente ist die gleiche, und äußere Reize als lokalisirende Faktoren sind, für das Detail des Geschehens wenigstens, ausgeschlossen. Eigentlich experimentell ist leider auch dieser interessante Fall nicht untersucht worden.

## § 8. Die Ausgestaltung von Planaria-Bruchstücken.

Den Schluss dieses Abschnittes bilde die Erwähnung einer Art der Ausgestaltung thierischer Organismen, welche, scheinbar allem bisher Ausgeführten ganz heterogen, ihm doch im Wesentlichen gleich ist, nämlich darin, dass hier auch die Lokalisation des Geschehens zu einem Problem sui generis wird. Ich meine einen Theil der merkwürdigen von MORGAN[3]) entdeckten »Regenerations«-Erscheinungen an Tricladen.

Zur Verständigung sei vorausgeschickt, dass eigentliche Regenerationserscheinungen im alten Sinne, in dem man das Wort immer anwenden sollte, hier gerade nicht vorliegen, das Wort Reparation, das ich für die Vorgänge an der Tubularia schuf, würde auch hier Dienste leisten.

---

1) Entsprechendes gilt von den Arbeiten: G. LOPRIORE, Über die Regeneration gespaltener Wurzeln. Nova Acta Leop. Acad. 66. und J. MASSART, Le cicatrisation chez les végétaux. Mém. cour. Acad. belg. 57. Auch aus ihnen möchte sich reiches Material für analytische, bestimmt formulirte Forschung in Hinsicht auf unser Lokalisationsproblem gewinnen lassen.

2) Organographie. I. 1898.

3) Arch. Entw.-Mech. VII. pag. 383 ff.

Der Sachverhalt ist dieser: Wird eine Planaria der Quere nach in Stücke geschnitten, und wird dann eines der Operationsprodukte kontinuirlicher Beobachtung unterzogen, so sieht man, wie an diesem Stück neue Wachsthumsvorgänge nur in ganz geringem Maße auftreten, wie sich aber aus dem Wurmbruchstück ein ganz proportional gestalteter kleiner Wurm durch Umlagerung und Umdifferenzirung des Materials unter Wahrung der alten Längsachse bildet; leider gestattet die Natur des Objektes eine intimere histologische Untersuchung nicht.

Mich dünkt, dass in diesem Sachverhalt einer der seltsamsten Regulationsvorgänge vorliegt, die je bekannt geworden sind. Und das Seltsame, das »Räthselhafte« ist hier vor Allem die Lokalisation des Geschehens. Es ist, als werde erst der Plan des neuen kleinen Wurmes vorgebildet, und dann das alte Material in die Form gegossen, wobei ja immerhin histologisch Gleiches von Gleichem abstammen mag. Eine so eingehende Specialanalyse, wie die Geschehnisse an Echinidenkeimen oder der Tubularia gestatten diese merkwürdigen Sachen nicht, aber dass die typisch-geregelte Örtlichkeit des Geschehens zu einem Problem an sich wird, wird hier auch ohne solche Analyse klar. Von Vorbildung des neuen kleinen Wurmes im alten, also von einer in letzterem irgend wie gegebenen, auf die Bildung der ersteren bezüglichen Specialstruktur kann natürlich bei der gänzlich willkürlich gewählten Natur der Ausgangsstücke nicht die Rede sein. Gerade letzterer Umstand zeigt, wie alles Geschehen auf Grund einer prospektiven Potenz der Elemente sich abspielt, die mit der den Geschehnissen am Echinidenkeim zu Grunde liegenden identisch ist. Dass aber eben diese Art der prospektiven Potenz unser Lokalisationsproblem recht eigentlich involvirt, werden wir später sehen.

So beschließen wir denn jetzt diesen Abschnitt, der uns zeigte, dass in sehr vielen und mannigfaltigen Fällen die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge ein Problem sein könne.

## Abschnitt II. Vom Begriff der Lokalisation überhaupt.

Wir haben das von uns geschaffene Problem äußerlich und extensiv erschöpfend behandelt; ehe wir nun daran gehen, seine eigentliche innere Natur zu formuliren und damit unsere Fragestellung zu beantworten, wird es von Nutzen sein uns Klarheit darüber zu verschaffen, welche Rolle der Lokalisationsbegriff überhaupt im Bereiche des Formgeschehens spiele. Damit werden wir zugleich diese Studie

zu einer früher von uns verfassten, nämlich zu derjenigen, welche »von der Beendigung morphogener Elementarprocesse« handelt[1]), in Beziehung setzen.

## § 1. Die Rolle der Lokalisation in der Ontogenese.

Man weiß, dass sich die Ontogenese aus einer typischen Abfolge von Vorgängen, welche dem Formcharakter ihres Resultates nach einheitlich sind, und welche ich morphogene Elementarprocesse[2]) genannt habe, zusammensetzt; man weiß auch, dass der Formcharakter eben dieser Vorgangsresultate auf typischem Chemismus beruht, so dass also die Einheitlichkeit der Vorgänge in der Erzielung gleicher chemischer Effekte beruht, womit natürlich noch nicht gesagt ist, dass das zu diesen führende Geschehen selbst der aus der Chemie bekannten Elementarnaturgesetzlichkeit unterstellt sei. Mit dem Begriff der Zelle hat der Begriff Elementarprocess gar nichts zu thun, er geht nur auf den Charakter der morphologischen Einheitlichkeit: es kann also z. B. die Bildung des Mesenchymzellhaufens bei den Echiniden als Elementarprocess bezeichnet werden, aber ebensowohl auch die Bildung irgend eines specifischen einheitlichen Organs innerhalb einer Zelle, z. B. einer Drüsenzelle; ja, hätte ein solches intracelluläres Organ an sich nun wieder eine specifisch gekennzeichnete komplicirte Form, so wäre sogar jeder in sich einheitliche integrirende Bestandtheil eben dieser Form als Resultat eines besonderen Elementarprocesses aufzufassen, ebenso wie die Spreite eines Baumblattes, das gezähnelt ist, nicht als Resultat eines Elementarvorganges aufgefasst werden darf, sondern als Folge von so vielen, wie es in sich einheitliche Konstituenten seiner äußeren Form besitzt — von allen anderen Eigenschaften, die es haben mag, ganz abgesehen.

Dem Begriff des einzelnen Elementarprocesses ist somit das Kennzeichen der Form fremd, ihm kommt aber neben seiner specifischen Qualität das Merkmal der Dauer zu, sie macht nebst der Qualität seine Specifität aus, und so ist denn in meiner Arbeit über die »Beendigung morphogener Elementarprocesse« im Grunde genommen das Problem der Specifität ontogenetischen Einzelgeschehens aufgestellt und so weit überhaupt möglich[3]) analysirt worden; wenn wir jedes solches Einzelgeschehen als Effekt einer Ursache ansehen, können wir auch sagen: das Problem der Specifität formativer Reaktionen.

---

[1]) Arch. Entw.-Mech. VI.

[2]) Arch. Entw.-Mech. VI. und Anal. Theorie. pag. 34 ff., 67 f.

[3]) Vgl. Anal. Theorie. pag. 30/31 u. 180 ff.

Der Begriff der Form tritt erst hinzu, wenn die Resultate mehrerer verschiedener Elementarprocesse bei einander sind; da nun in der Ontogenese die differenten Elementarprocesse in typischer Weise successive nach und an einander geschehen, so tritt also die »Form« in ihrer Specifität auf als Folge der Örtlichkeit ihres Geschehens[1]), und so wird denn die Lokalisation des ontogenetischen Elementargeschehens neben der Specifität seiner Effekte zu dem zweiten Grundfaktor, der die Natur ontogenetischer Körper bestimmt.

Da alle ontogenetischen Vorgänge irgend wie Effekte, das heißt nothwendige Folgen vorangegangener Geschehnisse sein müssen, so haben sie also Ursachen. Wir wissen nun, dass alle Effekte ihrer Specifität nach theils (im rein Mechanischen) durch die Ursachen allein, theils durch sie und die Natur des betroffenen Körpers, theils (bei echten Auslösungen) durch eben diese Natur allein bestimmt werden. In so fern nun bei ontogenetischen Effekten ihre Lokalisation zu ihrer Specifität gehört, erhebt sich die Frage, in wie weit eben sie von den formativen Ursachen (Reizen) oder von der Natur dessen, worauf diese wirken, bestimmt werde, und diese Frage werden wir am besten beantworten können, wenn wir das, was wir über »formative Reize« überhaupt wissen, einer kurzen Diskussion unterziehen.

### § 2. Der Lokalisationswerth bekannter formativer Reize.

Auf botanischem Gebiete ist, wie man weiß, schon seit langer Zeit die Abhängigkeit der Ausgestaltung von äußeren Faktoren untersucht worden, leider meist mit ungenügender Analyse; es ist bekanntlich HERBST[2]) gewesen, welcher die Gesammtheit des hier vorliegenden Materials zuerst, so weit angängig, wirklich analytisch durchgearbeitet und gesichtet, d. h. in morphogenetisch-elementare Geschehensarten zerlegt hat. Auch verdanken wir ihm eine logische Klassifikation »formativer Reize« nach ihrem »Causalwerth« und an sie wollen wir bei unserer Frage nach dem lokalisirenden Werth derselben zunächst anknüpfen, wobei aber von vorn herein betont sein muss, dass HERBST eben seine Klassifikation nicht zu diesem unserem Zweck angestellt und die Lokalisation des morphogenen Geschehens überhaupt nicht zu einem gesonderten Problem gemacht hat.

---

1) Diese Charakteristik ist es, die ganz wesentlich alles gestaltende Geschehen an Lebewesen von solchen an Krystallen unterscheidet.

2) »Über die Bedeutung der Reizphysiologie für die causale Auffassung von Vorgängen in der thierischen Ontogenese. II. Haupttheil: Die formativen oder morphogenen Reize.« Biol. Centralbl. XV.

HERBST sondert »ontomorphogene« von »pathomorphogenen« Reizen, Ausdrücke, die ohne Weiteres verständlich sein dürften; nur die erstere Art von Reizen soll uns hier zunächst angehen.

Er theilt sie ein in:

1) Lokalisirende, aber zur Einleitung der Bildungsprocesse an und für sich unnöthige Reize.

Beispiele: Wurzelbildung des Epheus nur an der Schattenseite; Knollenbildung der Kartoffel bei Verdunkelung auch an oberirdischen Theilen; viele Barymorphosen.

2) Unumgänglich nothwendige Reize.

α. Auslösungsreize s. str. Ohne sie unterbleibt eine Bildung überhaupt.

Beispiele: Nothwendigkeit des Lichtes für Keimung der Lebermoossporen und Ähnliches; Wirkungen des Kontaktes, Zuges, der gesteigerten Transspiration etc.

β. Umschaltungsreize (Dichogenie — DE VRIES). Ein äußerer Faktor setzt einen Entwickelungsmechanismus in Gang, fehlt er, so tritt ein anderer, oder vielmehr der andere an die Stelle.

Beispiele: Entwickelung indifferenter Blattanlagen zu Niederblättern oder Laubblättern je nach Ausschluss oder Zugang des Lichtes etc. etc.

γ. Strukturelle Reize. Der bereits existirende Gestaltungsmechanismus wird abgeändert; nur hier übt das Agens einen direkten Einfluss auf die Beschaffenheit des Effektes aus (nicht katalytisch wirkende chemische Reize).

Beispiele: Veränderung des Fruchtknotens durch die Befruchtung; Xenien.

Die pathomorphogenen Reize sind von HERBST nur aus praktischen Gründen von den ontomorphogenen gesondert worden; ihre Eintheilung in allotope, metamorphogene und neomorphogene Reize beruht auf einem anderen, mehr äußerlichen Eintheilungsprincip, als diejenige der ontomorphogenen Reize, und es ist klar, dass sie auch die rein analytische Gruppirung dieser zulassen würden, was übrigens HERBST selbst hervorhebt; im Einzelnen könnte man zwar bezüglich dieser Zuordnung im Zweifel sein.

So könnten zum Beispiel die Vergrünungen und Füllungen der Blüthen durch Milben, Läuse oder Pilze (metamorphogene Reize) der obigen Gruppe 2β oder auch, was HERBST selbst vorzieht, der Gruppe 2α zugeordnet werden; die meisten Gallenbildungen (neomorphogene Reize) gehören wohl der Gruppe 2γ an.

Doch wollen wir die Darlegung der HERBST'schen Ausführungen hiermit abbrechen und uns fragen, in welcher Beziehung denn nun seine verschiedenen Kategorien formativer äußerer Reize, die, wie uns scheint, in der That die Gesammtheit der im Pflanzenleben vorkommenden äußeren Gestaltungsfaktoren erschöpfen, zum Problem der Lokalisation ontogenetischer Vorgänge stehen.

Er selbst wendete ja einmal das Wort »lokalisirende Reize« an, woraus man vielleicht schließen könnte, dass alle anderen Reizkategorien keinen ortsbestimmenden Faktor enthielten; eine kurze Überlegung wird aber zeigen, dass das irrig wäre.

Beginnen wir nunmehr unsere Darlegung ohne nähere Bezugnahme auf die Ausführungen von HERBST, auf die wir nur, wo es am Platz ist, wieder verweisen werden:

Wir legen uns die Frage vor, in wie fern die »Ursachen« morphogener Vorgänge einen ortsbestimmenden Werth haben.

Unter Ursache sei ein für allemal verstanden das Setzen derjenigen Veränderung, worauf eine andere Veränderung bei gegebenen Umständen überall und immer (nothwendig) erfolgt. Wir verwenden also das oft gehörte Wort »innere Ursachen« nicht, da dessen Verwendung stets zu Zweideutigkeiten und Schwierigkeiten des Ausdruckes führt; was man innere Ursachen zu nennen pflegt, nennen wir, nach mechanischer Analogie, »Bedingungen des Systems«. In diesem Sinne ist also für die Explosion eines Pulverfasses der hineinfallende Funke die Ursache, für die Entwickelung richtig befruchteter Eier, die sich aber in zu niederer Temperatur befinden, ist es die eventuelle Erhöhung der Temperatur etc. etc. Bedingungen des Systems, auf denen natürlich ganz wesentlich der Effekt beruht, sind im ersten Falle die energetischen und sonstigen Eigenschaften des Pulverfasses, im zweiten die Gesammtheit der Potenzen der betreffenden Eiart, der im Ei durch die Befruchtung geschaffene Zustand, auch die Sauerstoffspannung, Salinität etc. etc. des Mediums.

Dieses nur zur begrifflichen Verständigung.

Wir definirten Ursache als Setzen einer Veränderung; es ist nun klar, dass sich, speciell auf biologischem Gebiete, gleich von vorn herein zwei verschiedene Ursachs-, also Reizarten ergeben, je nachdem die gesetzte Veränderung als solche zur Erfüllung des Effekts persistiren muss, oder nur einmal dagewesen sein muss, gleichgültig, was weiter geschieht. Im ersten Falle wird meist die »Ursache« in der Herstellung der zum Geschehen des Folgenden nöthigen Energiequelle bestehen, so mag z. B. oft das Licht wirken, während

im zweiten Falle das vorliegt, was man recht eigentlich als »Auslösungen« zu bezeichnen pflegt.

Doch interessiren uns hier diese Unterschiede wie überhaupt das ganze Problem der Klassifikation von Reizarten nach ihrer »causalen Werthigkeit« ja nicht an und für sich, sondern nur, so weit sie zum Lokalisationsproblem in Beziehung stehen, speciell zu der Frage, in wie weit die Bestimmung der Örtlichkeit des Geschehens von der Ursache oder vom betroffenen Objekte abhängig sei.

Da ist es denn evident, dass, wenn solche »Ursache« in der Zufuhr einer bis dahin zum Betriebe des Formgeschehens mangelnden Energiequelle besteht, die nach ihrem Eintreffen geschehenden Vorgänge durch sie gar nicht lokal bestimmt werden können, sondern rein auf Grund der inneren »Bedingungen« geschehen; derartige äußere Reize besitzen also keinen lokalisirenden Charakter.

Bei echten Auslösungsreizen können die Verhältnisse verschieden liegen: werden z. B. Haustorien durch Berührung in ihrem Entstehen ausgelöst, so ist hier der auslösende Reiz zugleich lokalisirend, und dasselbe gilt von einem großen Theil der Auslösungen durch Schwerkraft und Licht; wenn aber z. B. bei Ampelopsis an den Ranken durch Berührung Haftscheiben entstehen, so ist hier der Berührungsreiz nicht lokalisirend, denn die Stelle, wo solche überhaupt entstehen oder nicht entstehen konnten, war im Voraus gegeben; auch »Umschaltungsreize« im Sinne von HERBST, kraft deren etwa aus einer Anlage ein Laub- oder Schuppenblatt entsteht, lokalisiren nicht das Geschehen[1]), während echte »strukturelle« Reize, wie der Stich einer Gallwespe, das wieder im höchsten Maße thun.

Es ist klar, dass auch in Fällen, wo dem Reiz ein starker Lokalisationswerth zukommt, er doch nicht ganz allein für das »wo« des Geschehens verantwortlich ist: denn in den meisten Fällen besteht ja der reagirende Pflanzentheil aus mehreren Gewebsarten, deren aber oft nur eine reagirt, während doch die anderen ebenso gut

[1]) Ich möchte die »Umschaltungsreize« HERBST's überhaupt nicht zu den ontogenetisch-formativen Reizen zählen. Es handelt sich ja bei ihrem Vorhandensein oder Ausbleiben nicht um ein »ob« oder »ob nicht«, sondern um ein »entweder so oder so«. Im Allgemeinen glaube ich in der »Analytischen Theorie« (pag. 108) das Richtige getroffen zu haben, wenn ich sagte: »Es schafft also in Fällen der Dichogonie eine äußere (Schwerkraft, Licht etc.) oder eine innere (Amputationen) Induktion die Bedingung dafür, dass der Effekt der wie sonst stattfindenden organbildenden Induktionen ein anderer wird.« — Schwierig wird es freilich oft (z. B. bei Wasser- und Landformen) sein, im Einzelnen zu ermitteln, was auf Rechnung von Dichogonie zu setzen ist und was nicht.

vom Reiz betroffen werden. Innerhalb dieser reaktionsfähigen Gewebsart freilich vermag oft der äußere Reiz ganz strikte ortsbestimmend hinsichtlich des Effektes zu wirken.

Man erwäge die Sachlage bei den Wasser- und Landmodifikationen mancher Pflanzen, so weit ihre Histologie in Frage kommt: Transspirationserhöhung ist hier wohl als eigentlicher »Reiz« anzusprechen, und in so fern repräsentiren die Landformen die eigentlichen positiven Reizeffekte; es ist nun bekannt, dass hier meist nicht alle Gewebe, sondern mit Vorliebe die mechanischen auf den Reiz antworten, der alle betraf, aber die Gewebe, welche antworten, antworten in toto. Hier, und Ähnliches gilt von Wirkungen mechanischen Zuges bei Pflanzen so wie von den meisten Fällen sogenannter »funktioneller Anpassung« bei Thieren, lokalisirt der Reiz also gar nicht, sondern der Effekt ist durch die Struktur des reagirenden Körpers durchaus voraus bestimmt. Anders wieder bei den Reit- und Exercirknochen, wo zwar auch nur das Bindegewebe, aber dieses in typischer, durchaus durch den Reiz bestimmter Lokalisation reagirt.

Endlich noch Einiges über diejenige Reizkategorie, welche HERBST recht eigentlich als »lokalisirende« bezeichnet hat: am Epheu entstehen Wurzeln nur an der vom Licht abgewendeten Seite. Hier kann doch unmöglich die Dunkelheit, das Nicht-Licht als Reiz angesehen werden, eben so wenig wie bei den Wasser- und Landmodifikationen das Nicht-Transspiriren als Reiz angesehen werden kann, daher denn hier, wie wir sagten, die Landformen die eigentlichen in Betracht kommenden Reizeffekte darstellen. Beim Epheu und in den vielen ähnlichen Fällen können wir entweder sagen, dass das Licht ein hemmender Reiz sei, der etwa aus irgend welchen Gründen Wurzelanlagen oder nothwendige Mittel zu solchen Anlagen zerstöre, oder aber, dass es, und ähnlich die Schwerkraft, gar nicht unmittelbar sondern vermittels unbekannter taktischer Einflüsse auf »organbildende Stoffe« wirke, wie sich ja manche Forscher die Sachlage vorgestellt haben, ein Problem, auf das wir noch rekurriren werden.

Auf alle Fälle ist klar, dass zwar HERBST für seinen Zweck einer Klassifikation der formativen Reize nach ihrer causalen Werthigkeit unsere hier erörterte Reizkategorie als nur lokalisirend besonders kennzeichnen durfte, dass aber darum nicht den anderen Reizarten ein ortsbestimmender Charakter abzugehen braucht.

Zum Schluss sei nun auch noch der Fälle eigentlicher Kompensationsbildung hinsichtlich der dabei auftretenden Lokalisationsfrage

gedacht, also der Fälle, wo der auslösende Reiz in einer Operation, einer Entnahme integrirender Theile des Organismus besteht: bei Thieren pflegt hier die Folge meist echte Regeneration zu sein, welche oben diskutirt ist, oder eine Umdifferenzirung des Vorhandenen, eine Reparation, die uns ja gerade für unser eigenes neues Problem das Material bot; bei Pflanzen entstehen meist Ersatzneubildungen, oder es erfolgt Funktions- und Gestaltänderung eines schon vorhandenen Organs oder anormale Entfaltung einer Anlage mit mehrfachen prospektiven Potenzen[1]); in den beiden letzten Fällen ist das Geschehen örtlich meist durch den Eingriff bestimmt, indem etwa bei Entnahme der Hauptwurzel eine der benachbarten Nebenwurzeln sie ersetzt, und Ähnliches, schlechter analysirbar, wird wohl auch im ersten Fall vorliegen. Auf alle Fälle bietet die Örtlichkeit der Inscenirung des Kompensationsgeschehens hier wohl ebensowenig wie bei echter Regeneration der Thiere ein besonderes oder merkwürdiges Problem dar, während die intimere Ausgestaltung und Wandlung der die Kompensation leistenden Anlage das wohl in hohem Maße thun möchte, worüber freilich leider keine analytischen Untersuchungen zu Tage liegen. —

Bewegt sich doch überhaupt Alles, was über die Wirkung äußerer Faktoren und über Kompensationsgeschehnisse bei Pflanzen bekannt ist, zur Zeit noch sehr an der Oberfläche und wir dürfen durchaus nicht denken, in den oben erwähnten und anderen Ermittelungen nun etwa den Schlüssel zur ganzen Formgestaltung dieser Wesen zu besitzen.

Im Grunde genommen zeigen die meisten Ermittelungen nicht viel mehr, als dass eben solche Pflanzenorgane, welche funktionell zu Faktoren der Außenwelt in irgend welcher Beziehung stehen, auch durch eben diese Faktoren örtlich in grober Weise bestimmt werden; dabei sind aber immer die Organe in grober Weise als hingenommene Einheiten behandelt, über das eigentliche intime Differenzirungsgeschehen sind zwar namentlich in den analytischen Betrachtungen von HERBST manche werthvolle

[1]) Mit solchen »mehrfachen (zwiefachen) prospektiven Potenzen« sind derartige Anlagen natürlich ausgestattet zu denken; mit diesem Ausdruck werden sie zutreffend gekennzeichnet. In diesem Sinne sind sie allerdings, was GOEBEL (Organographie. I. pag. 5 u. 8) bestreiten möchte, »indifferent«, freilich »determinirt-indifferent«. Man sieht hier wieder, wie leicht begriffliche Schwierigkeiten durch Anwendung des Begriffs der »prospektiven Potenz« zu überwinden sind.

Einsichten hinsichtlich seiner Abhängigkeit von äußeren Faktoren ermittelt, aber zugleich ist doch wohl gerade, wenn man über dieses intime Geschehen reflektirt, klar, dass die überwältigende Mehrheit desselben nicht auf äußere, sondern auf innere Reize hin erfolgt, und dann lägen also die Verhältnisse genau wie bei der Differenzirung der Thiere, nur mit dem Unterschied, dass wir von letzterer durch die neueren Versuche wenigstens etwas wissen und so unser neues Problem uns schaffen konnten, während botanischerseits hier experimentell so gut wie nichts vorliegt. —

Was wir aus allen unseren Einzelaufzählungen, die sich durch Studium der Abhandlungen von Herbst und Goebel sehr vermehren lassen, in unserer Lokalisationsfrage allgemein gewonnen haben, ist dieses: Äußere Reize vermögen, wenn sie auf empfangsfähige Theile, welche aus vielen prospektiv gleichen Elementen bestehen, wirken, an diesen die Örtlichkeit des Effektes zu bestimmen. Das ist zunächst keine besonders geartete Ermittelung, kein besonderes Problem, das könnte zunächst auf rein maschinelles Geschehen bei der Formbildung hindeuten; wie wir denn ja schon oben bemerkten, alles Geschehen, welches sich abspiele auf Grund einer Art prospektiver Potenz der Theile eines Ganzen, kraft deren jeder Theil ein gewisses Ganze gleichermaßen liefern könne, biete zunächst in eben dieser Art von Potenz und daher auch in ihren Folgen kein besonderes neues Problem dar.

Freilich haben wir auch bemerkt, dass das Differenzirungsgeschehen im Pflanzenreich sich nicht nur auf Grund der genannten Potenzart, sondern auch auf Grund der durch den Satz: »jedes Element kann jedes« gekennzeichneten abspiele, und dass somit doch unser neues Problem hier in Frage käme.

### § 3. Verständlichkeit und Unverständlichkeit der Lokalisation.

Es ist jetzt wohl erschöpfend erörtert, wo die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge zu einem Problem wird, und wo sie es nicht wird, ja was sie überhaupt bedeutet.

Sie bedeutet die örtliche Bestimmung der einzelnen morphogenen Vorgänge; diese ist auf Grund der uns bekannten Arten des Naturgeschehens verständlich, wenn ein örtlich lokalisirter Reiz an dem Ort, auf den er wirkt, oder, wie bei vielen Kompensationen, in irgend welcher nicht typisch determinirter Beziehung zu diesem Ort, Formgeschehen auslöst, oder wenn ein allgemein wirkender Reiz gewisse

als specifische gekennzeichnete Theile eines Organismus in toto beeinflusst; sie ist mit den uns bekannten Mitteln unverständlich, wird zu einem Problem, wo das nicht der Fall ist. —

Wir sahen nun im vorhergehenden Kapitel, dass letzterer Fall, die Unverständlichkeit der Lokalisation ontogenetischen Geschehens mit Sicherheit, auf Grund von Experimenten, zum mindesten in gewissen Fällen intimer histologischer Differenzirung erschlossen werden kann, wir sahen in diesem Kapitel, dass verständlich nicht viel mehr als die grobe Orientirung gewisser zusammengesetzter Organe oder Organgruppen, und auch sie nicht einmal immer, erscheint. Daraus darf denn wohl gefolgert werden, dass eben die große Menge der so ungeheuer subtilen Differenzirungen im Thier- und Pflanzenkörper auf Grund einer zunächst noch unbekannten Gesetzlichkeit an ihren richtigen Ort kommt.

### § 4. Die Unzulänglichkeit der Theorie der »organbildenden Stoffe«.

Für jene wenigen Fälle, in denen man die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge verstehen kann, hat man geglaubt durch Annahme organbildender Stoffe, z. B. Wurzel- und sprossbildender Stoffe, die gewonnene Einsicht vertiefen zu können, indem die äußeren Agentien auf eben diese Stoffe rein physikalisch oder chemisch oder auch physiologisch-richtend wirken sollten (Sachs, Loeb). Es ist aber klar, dass mit dieser aus dem Boden des materialistischen Dogmatismus erwachsenen Annahme selbst im günstigsten Falle sehr wenig gewonnen wird: es mögen ja solche Stoffe etwa in gewissem Sinne »Mittel« zur Ausgestaltung gewisser komplicirter Organe sein, Mittel, die eben dort anwesend sein müssen, wo ein Organ entstehen soll, oder die auch vielleicht dort, wo sie anwesend sind, allemal die Organbildung insceniren; aber weil sie »Stoffe« sind, sind sie auch in diesem Falle höchstens Anstöße, Reize für Organbildung, nichts weiter. Wir können bei ihrer Annahme höchstens dieses sagen, dass der äußere Faktor eben nicht direkt die Organbildung, sondern deren unmittelbaren Reiz lokalisire.

Denn Sprosse und Wurzeln sind nichts Einheitliches, sondern etwas unendlich Komplicirtes; einheitlich im Formensinne ist an ihnen das, was ich morphogene Elementarprocesse nenne. Wie viele deren aber sind an ihrer Bildung betheiligt, wenn man sich erinnert, was in Strenge als solcher zu bezeichnen ist? Ihnen und ihrer typischen Ordnung gegenüber erscheinen die bloß die Organbildung

einleitenden Wurzel- oder Sprossstoffe als ganz nebensächlich. Will man nun aber für jeden Elementarprocess einen ihn repräsentirenden »Stoff« substituiren, so vergisst man, dass man mit einem Stoffgemisch noch keine Ordnung in den Stoffen hat, gerade auf ihre typische Ordnung aber kommt es an; für sie könnte man freilich denken in äußeren lokalisirenden Ursachen den zureichenden Grund zu finden, also etwa in der Wirkung der verschiedenen Theile des sich ausgestaltenden Organismus auf einander, aber dass solches, wenigstens so weit uns bekannte Wirkungsweisen dabei in Betracht kommen, nicht angeht, ist gerade im vorhergehenden Hauptkapitel an einigen Beispielen gezeigt worden. So ist denn also die Theorie der organbildenden Stoffe im günstigsten Falle für das Lokalisationsproblem nebensächlich.

## § 5. Die Unzulänglichkeit der vorhandenen universellen Entwickelungstheorien.

Es ist hier nun der Ort, uns im Anschluss an die Erörterung der Organstofftheorie, auch mit einigen anderen Ansichten, die über embryonale Differenzirung geäußert wurden, abzufinden; zunächst mit meiner eigenen aus der »Analytischen Theorie«. Ich meinte daselbst, bei Annahme einer nur sehr einfachen Ausgangsstruktur und eines die Elementarprocesse repräsentirenden Stoffgemisches die Ontogenese konstruiren zu können, d. h. im Stande zu sein, in solchen formativen Reizen, wie wir sie aus den oben diskutirten botanischen Beispielen kennen, die zureichenden Ursachen aller Differenzirungen aufzuzeigen. Nur verschiedener Arten von Harmonie meinte ich dazu benöthigen zu müssen[1]), unter anderen einer Causalharmonie, welche es ermögliche, dass bei vorhandenen Ursachen auch immer reaktionsfähige Körper oder Körpertheile da seien, aber diese Harmoniearten dachte ich mir im Ausgangspunkt der Entwickelung als dessen statisch-teleologische Charakteristik gegeben, ebenso wie in einer komplicirten Maschine (man denke nicht nur an eine Dampfmaschine, sondern beispielsweise an einen Photographieautomaten) die Voraussetzung ihres Wirkens als statisch-teleologische Charakteristik gegeben ist.

Ich brauche nicht besonders zu betonen, dass ich diesen Standpunkt jetzt verlassen habe. Es giebt Fälle, wo die Lokalisation ontogenetischen Geschehens mit den von uns gekannten formativen Reizarten unverständlich bleibt, wo wir sagen können, dass unter

---

[1]) Anal. Theorie. pag. 79 ff. u. pag. 128 ff.

dem, was irgend wie in Betracht kommen kann, die differenzirenden Ursacharten nicht liegen. Damit ist eine Lücke in meiner analytischen Theorie konstatirt, unbeschadet des Bestehenbleibens ihrer übrigen Theile; was die Ausfüllung dieser Lücke bedeutet, werden wir später sehen.

Das Nachdenken über die Vorgänge intimer Differenzirung ließ mich diese Lücke finden; wenn man bedenkt, wie wenig wir davon zur Zeit analysiren können, wird man wohl auch der Ansicht zuneigen, dass sie noch sehr viel klaffender sei, als wir ahnen. Man denke an die feinsten gleichsam künstlerischen Ausgestaltungen von Organismen: an die Bildung der Hirnstruktur, großer Drüsen, aber auch an die komplicirte Differenzirung im kleinsten Raum bei Protisten. Man erwäge als ganz besonders merkwürdig lokalisirte Vorgänge die komplicirten Skeletbildungen der Wirbelthiere oder Echinodermen, wo, etwa bei Asteriden, in gleichartigem Mutterboden ohne irgend wie angebbare äußere Ursache so ganz typisch geregelt die Verkalkungen statthaben: würden wir das Geschehen in diesen Vorgängen auf Grund von Experimentaluntersuchungen mehr analysiren können, so würde uns unser Lokalisationsproblem wohl noch in ganz anderer Schärfe entgegentreten, als es uns aus den wenigen analysirbaren Fällen entgegengetreten ist.

Roux hat wiederholt, zwar ohne beweiskräftige Begründung, wie ich selbst sie gab, und mehr unbestimmt-ahnend, die feinsten Differenzirungen gegen meine Auslassungen ins Feld geführt; er hatte Recht darin. Aber in seiner eigenen Theorie hat er darum nicht Recht, und über ihn und Weismann gelten noch immer der § 2 der Einleitung und der § 2 des dritten Haupttheils meiner »Analytischen Theorie«, von denen letzterer darin gipfelt, dass die Theorien der genannten Forscher »eine Photographie des Problems« seien.

Nur Weniges will ich hier dem in jenem Paragraphen Gesagten hinzufügen: Einmal, dass jene Ansichten ganz und gar auf dem Boden des materialistischen Dogmatismus stehen, der sich Alles »an einen Stoff gebunden« denkt; mit einer Kritik des Materienbegriffes versuchen sie es nicht einmal.

Zum Anderen, dass der durchweg in sich gleichförmige Bau des Chromatins, der den stärksten Vergrößerungen gegenüber Stand hielt, es zum mindesten bedenklich macht so viel verschiedenes, typisch Geordnetes in dasselbe zu verlegen. Haben sich ferner doch bisher alle Chromatinelemente von Furchungskernen (mit Ausnahme der geringen zwischen Abkömmlingen des männlichen und des weiblichen

Vorkerns in dieser Hinsicht bestehenden Differenz) den verschiedenartigsten färbenden Chemikalien, die man auf sie einwirken ließ, gegenüber als völlig in sich gleichartige Substanz erwiesen, was mindestens nicht dafür spricht, in ihnen auch nur ein chemisches Gemisch, geschweige denn eine komplicirte Struktur anzunehmen[1]).

Endlich, dass es ganz typisch-geregelte Abfolgen ontogenetischer Vorgänge giebt, die nicht unter gleichzeitig erfolgenden Kerntheilungen sich abspielen: schon früher nannte ich in diesem Sinne einmal die Ausgestaltung der Protisten; ich füge heute hinzu die Ausgestaltung des Pluteusskelets bei den Echiniden, zu deren Zwecke eine ganz typisch-lokal geregelte Bewegungsfolge (ein Kriechen) zahlreicher schon vorhandener Zellen, verbunden mit Kalksekretion, erfolgt, derart, dass es aussieht, als würden diese Zellen in unsichtbarer Weise nach einem Plane geleitet. Das ist auch eine typische Succession ontogenetischer Vorgänge, deren typisch-geregelter Verlauf aber mit den Roux-Weismann'schen Mitteln durchaus unverständlich bleiben muss, so dass uns diese also, selbst wenn sie sonst zulässig wären, in einem Falle jedenfalls nichts nützten. Damit aber fällt ihr Werth überhaupt[2]). Im Übrigen mag auf jenen § der analytischen Theorie verwiesen sein.

## § 6. Ausblick auf eine »Lösung« des Lokalisationsproblems.

Was bleibt uns nun aber, nachdem wir auf Grund des Aufwerfens unseres neuen Problems mit allen Ansichten über Entwickelung, auch mit den älteren eigenen, aufräumen mussten. Es bleibt uns als Ausgang für Ferneres ein Begriff, den wir selbst im

---

1) Wenn Hansemann meint, in verschieden specificirten Gewebszellen Verschiedenheiten der Mitosen nachgewiesen zu haben, so berührt das, und Gleiches gilt von einer bekannten Entdeckung Boveri's, das von uns hier Gesagte natürlich nicht; wir sagen: die Theile des Kerns, etwa in einer der beiden ersten Furchungszellen eines Keimes, haben sich unter sich bisher nicht als verschieden erwiesen.

Es ist übrigens seltsam — oder ist es das nicht? (cf. pag. 69) — dass ganz derselbe Schluss von der nicht gesehenen Differenz auf das mindestens nicht bewiesene Vorhandensein von Verschiedenheit auch hinsichtlich des physiologischen Werthes differenter Hirntheile gilt.

2) Von Ziegler's Annahme »heterodynamischer Centren« (Arch. Entw.-Mech. VII) gilt natürlich Gleiches und gilt überhaupt Alles, was je gegen Roux oder Weismann eingewandt wurde. Wohl mögen jene Centren existiren, aber nicht als Ursache, sondern als Mittel der Differenzirung; nicht als ein Letztes. Dieses Letzte, das was sie typisch lokalisirt hervorruft, und auch bisweilen, wie in jenem von Boveri an Ascaris konstatirten Fall, Mitosendifferenzen hervorrufen mag, ist eben der Faktor, von dem diese Arbeit handelt, wenn es nicht bisweilen die bloße Organisation des Eiplasmas sein sollte.

Beginn unseres Theoretisirens geschaffen hatten, um später zu glauben, ihn entbehren zu können, der Begriff der **Position**, der, im X. Theil meiner »entwickelungs-mechanischen Studien«[1]) geschaffen, in der analytischen Theorie[2]) wieder beseitigt ist.

Position soll sein ein Einfluss der Lage im Ganzen, das gewisse Richtungen aber sonst nichts Typisches besitzt; durch das Wort »im Ganzen« ist gesagt, dass das Wort »Lage« sich nicht auf den geometrischen Raum, sondern auf die zwar nur durch Richtungen gekennzeichnete Organisation des betrachteten Objekts beziehen soll, so dass Deformationen des Ganzen an der relativen »Lage« der Theile in ihm nicht viel ändern[3]).

Ich gab diesen Begriff auf, weil er, wie ich meinte, unser ätiologisches Bedürfnis nicht befriedige, und weil ich glaubte, dieses durch seine »Auflösung«, wie ich sagte, befriedigen zu können.

Jetzt sehe ich, dass diese Befriedigung ein Schein war; dass auch Andere in ihren Theorien sie nicht bieten können. Wie steht es also nun mit dem Positionsbegriff? Müssen wir uns am Ende doch mit ihm begnügen? Und wäre vielleicht dieses Begnügen bei gehöriger Analyse und Formulirung doch eine ätiologische Befriedigung, die nur damals nicht sichtbar ward, weil Formulirung und Analyse in nöthiger Form unterblieb?

Das Alles wollen wir nun prüfen im folgenden Abschnitt, in welchem wir uns dem Kernpunkte der Frage nach der Lokalisation ontogenetischer Vorgänge, sofern sie ein Problem darbietet, zuwenden.

## Abschnitt III. Das Grundgesetz der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Lebenssysteme.

### § 1. Begriff der prospektiven Potenz.

Alles Geschehen hat die Möglichkeit des Geschehens zur Voraussetzung; in so fern alles Geschehen an Körper gebunden ist, wenig-

[1]) Mitth. Neapel. XI. pag. 245—247. Ebenda ist betont, was mehrmals hervorzuheben vielleicht nicht unnöthig ist, dass mein Satz: »die prospektive Bedeutung der Blastomeren ist eine Funktion ihrer Lage im Ganzen« von viel **weiterem** Geltungsbereich ist, als der Positionsbegriff. Jener Satz ist nur ein anderer Ausdruck für das, was ich jetzt den »äquipotentiellen Charakter eines Systems« nenne. Siehe auch Arch. Entw.-Mech. III. pag. 322f.

[2]) pag. 50ff.

[3]) Dass solches nicht der Fall, wird z. B. durch viele in meiner Arbeit »Über primäre und sekundäre Regulationen etc.« (Arch. Entw.-Mech. IV) mitgetheilte Fälle erwiesen, z. B. dadurch, dass völlig verzerrte Echinusblastulae doch eine relativ typische Mesenchymanordnung erhalten etc.

stens an ihnen wahrnehmbar wird, dient die Summe des an ihnen möglichen Geschehens, auch wenn von ihr wenig oder nichts realisirt ist, zur Charakteristik der Körper; schon von Aristoteles[1]) ist das erschöpfend erörtert und der Begriff der *δύναμις*, der Geschehensmöglichkeit, zur Charakteristik des Empirisch-Wirklichen verwendet worden. Zwei völlig gleichartig aussehende Leydener Flaschen, von denen wir wissen, dass die eine geladen ist, die andere nicht, sind in diesem Sinne für uns verschiedene, verschieden charakterisirte Dinge, und wir richten unser praktisches Verhalten nach dieser empirisch-wirklichen Verschiedenheit, obwohl für uns im gegenwärtigen Augenblick absolut-wirklich nur die gesehenen Flaschen sind, und das, was wir ihnen sonst als Wirklichkeitselement vindiciren, eben nur eine der einen anhaftende *δύναμις*, eine Potenz, physikalisch gesprochen, ein Potential ist.

Erkenntniskritisch sollen diese Verhältnisse an diesem Orte nicht weiter untersucht, sondern einfach hingenommen werden.

Der von mir als analytischer Hilfsbegriff der Entwickelungsphysiologie geschaffene Begriff »prospektive Potenz« ist ein Unterbegriff des aristotelischen Begriffes der *δύναμις*. Er bezeichnet das, was aus einem gegebenen Theil des Embryonalkörpers im Ablauf der Ontogenese werden kann, nicht das, was im Ablauf gerade dieser Ontogenese unter diesen inneren und äußeren Konstellationen aus ihm werden wird; das habe ich »prospektive Bedeutung« genannt[2]).

Explicit[3]) nenne ich die prospektive Potenz in Hinsicht auf das, was ohne Weiteres aus diesem Embryonaltheil, wie er da ist, werden kann, implicit in Bezug auf das, was überhaupt einmal aus ihm und aus seinen kraft der expliciten Potenz entstandenen näheren und ferneren Derivaten zu werden vermag.

Bedeutungsvoll wird der Begriff der prospektiven Potenz, wenn er angewendet wird auf die irgendwie gewonnenen Elemente eines gegebenen Embryonaltheiles. Solche Elemente werden oft die Zellen eines Elementarorgans sein, und wir wollen uns im Folgenden daran der Anschaulichkeit wegen halten, aber nicht unterlassen zu betonen,

---

[1]) Metaphysik. Buch 9.

[2]) Der Begriff der »prospektiven Beziehung oder Bedeutung« ist zuerst aufgestellt in meinen »Entwickelungsmech. Studien.« VI. Zeitschr. f. wiss. Zool. LV. pag. 35 ff. — Der wichtigere Begriff der »prospektiven Potenz« ist zuerst eingeführt Anal. Theorie. pag. 77.

[3]) Vgl. hierzu meine Arbeit »Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen.« Arch. Entw.-Mech. II. pag. 196 ff.

dass der Begriff Element viel weiter ist als der Begriff Zelle, und dass natürlich, wo intracelluläres Geschehen oder Geschehen bei Protisten in Frage kommt, die Begriffe Element und Zelle nicht zusammenfallen. Aus praktischen Gründen kann der in Hinsicht seiner prospektiven Potenz betrachtete Embryonaltheil auch einmal ein recht zusammengesetztes Gebilde sein, und können als seine Elemente beliebig dünne durch ihn gelegte Querschnitte (Querschnittsdifferentiale) angesehen werden.

## § 2. Begriff des determinirt-äquipotentiellen Lebenssystems.

Betrachten wir uns zum Beispiel einen beliebig herausgeschnittenen Weidenzweig, so liegt der zuletzt erwogene Fall vor. Was können wir nun über die prospektive Potenz eines solchen Weidenzweiges sagen? Wir können sagen, dass sie in der Möglichkeit bestehe, alle Charaktere, die überhaupt der Weide zukommen, aus sich hervorgehen zu lassen, und zwar können wir das auf Grund von Experimenten. Doch wäre wenig mit solcher Aussage gewonnen.

Ganz anders jedoch, wenn wir versuchen, über die prospektive Potenz der Querschnittselemente des Weidenzweiges Aufschluss zu geben; da wissen wir aus den Untersuchungen von Vöchting, dass jedes dieser Elemente gleichermaßen Sprosse und Wurzeln produciren kann, und dass, was es producirt, nur davon abhängt, ob es näher einer beliebig gewählten apicalen oder basalen Schnittfläche liegt, womit kombinirt auch noch ein gewisser Einfluss der Gravitation in Betracht kommt. Genau genommen müssen wir sagen: jenes Element vermöge die Anlagen zu Sprossen und Wurzeln hervorzubringen, denn nur diese producirt es unmittelbar, und sie gestalten sich dann selbst aus.

Die Elemente des Weidenzweiges besitzen also unter sich gleiche prospektive Potenz, und zwar besteht dieselbe explicite für jedes Element in zwei Möglichkeiten, nämlich darin, entweder die Anlage zu einem Spross oder zu einer Wurzel zu liefern.

Äußerlich anders, aber im Princip, in Rücksicht auf die Vertheilung der prospektiven Potenz, ebenso liegt der Fall, wenn die Anlage eines Blattes sich je nach Umständen (regulatorisch) zu einem Schuppenblatt oder zu einem grünen Blatt zu entwickeln vermag: hier gehen wir in der Betrachtung nicht auf Querschnitte sondern auf die einzelnen Zellen als auf die Elemente zurück. Wir können dann sagen, jede dieser Zellen könne sowohl einen Theil eines

Schuppenblattes wie eines grünen Blattes aus sich hervorgehen lassen, jede besitze zwiefache prospektive Potenz.

Schneiden wir einem Triton ein Bein ab und lassen es regeneriren, so liegen die Verhältnisse anders: wenn wir von den thatsächlich vorkommenden »Ungenauigkeiten« der Regeneration hier und in anderen Fällen absehen, können wir sagen: jeder Querschnittstheil des Tritonbeines besitze zwar eine gewisse prospektive Potenz, aber jeder eine andere, sie bestehe nämlich für jeden darin, das distalwärts Fehlende zu produciren oder, korrekter ausgedrückt, wobei wir uns auf Ausführungen unseres Eingangskapitels berufen (pag. 23), die Anlage dazu aus sich zu bilden. Hier besitzt also jeder Querschnittstheil eine eindeutige prospektive Potenz; bei Anneliden, die sich nach vorn oder nach hinten regeneriren können, besitzt er deren eine zweideutige, aber auch, von »Ungenauigkeiten« abgesehen, jedes Mal eine andere.

In anderen Fällen thierischer Regeneration, z. B. bei Antennularia, liegen die Dinge wieder wie beim Weidenzweig: jedes Element besitzt gleichermaßen dieselbe doppelte (zweideutige) Potenz zur Erzeugung eines Sprosses oder eines Stolo.

Wie können wir nun das Gemeinsame in der Vertheilung der prospektiven Potenz in allen bisher betrachteten Fällen zusammenfassen? Zunächst sehen wir, dass die prospektive Potenz in allen Fällen nur in ganz wenigen, ja wohl gar nur in einer Möglichkeit der Produktion besteht; wir wollen das als determinirte Potenz bezeichnen. Was nun die Vertheilung der so determinirten Potenzen auf die konstituirenden Elemente der betrachteten Embryonaltheile angeht, so haben wir erkannt, dass hier zwischen den Regenerationsgeschehnissen der meisten Thiere einerseits und dem Regenerationsgeschehen an Antennularia sowie dem kompensatorischen Geschehen an Pflanzen andererseits ein Unterschied vorliegt: nur in letzteren Fällen haben wir eine Summe vieler Elemente, welche alle die gleiche Potenz der gekennzeichneten Art besitzen, vor uns.

Wir wollen in diesen Fällen von Lebenssystemen mit determinirt-äquipotentiellen Elementen oder von determinirt-äquipotentiellen Lebenssystemen reden.

Die Realisation des Geschehens wird nun örtlich an Systemen dieser Art sowie auch an den nicht äquipotentiellen Systemen, welche der thierischen Regeneration in den meisten Fällen zu Grunde liegen, wie wir schon in früheren Kapiteln sahen, unmittelbar durch äußere Reize bestimmt und bietet somit ihrer Lokalisation nach kein

besonderes Problem dar, bei thierischen Regenerationen setzt eben die Operationsart auch den Ort des Neugeschehens, bei morphologischen Kompensationen an Pflanzen ist das zwar nicht so ohne Weiteres der Fall, indem die Neuanlagen in gewissen Entfernungen von den Wundflächen zu entstehen pflegen, aber es liegt nichts irgendwie Typisches, Specifisches in den Abständen ihrer Entstehung von jenen Flächen, und so ist es denn wohl erlaubt, in diesen Abständen nur den Ausdruck einer zufälligen Disposition gewisser Elemente aus unbekannten Gründen zu sehen, und nicht nothwendig, darin ein Problem gesonderter Art zu erblicken.

### § 3. Begriff des harmonisch-äquipotentiellen Lebenssystems.

In vielen anderen Fällen nun aber kann, wie wir eingangs sahen, die Lokalisation des ontogenetischen Geschehens problematisch werden, und so haben wir denn nun zu untersuchen, auf welchen Voraussetzungen dieses Problem-werden hier, im Gegensatz zu jenen anderen Fällen, beruht, haben uns zu fragen, wie sich etwa die in diesen räthselhaften Fällen vorliegenden »Systeme« in Bezug auf die Voraussetzung alles Geschehens an ihnen überhaupt, in Bezug auf ihre prospektive Potenz und deren Vertheilung verhalten.

Wenn wir nun alle Fälle, die wir oben als in Hinsicht der Lokalisation des Geschehens an ihnen ein Problem darbietend aufzählten, wieder überdenken, so sehen wir erstens, dass sie, also etwa der abgefurchte Keim oder der Gastruladarm oder das Ektoderm der Echiniden oder der Stamm der Tubularia jedenfalls auch, wie etwa der Weidenzweig, äquipotentielle Systeme sind: die prospektive Potenz ist auf ihre Elemente gleichmäßig vertheilt. Wie aber steht es mit der Natur dieser prospektiven Potenz selbst? Besteht diese auch nur, wie oben, in zwei Alternativen oder gar nur in einer Möglichkeit? Sie besteht vielmehr in sehr vielen Möglichkeiten, wennschon nicht in unbeschränkten, weil ja schon die Zahl der in sich einheitlichen Charaktere einer Species beschränkt ist. So kann z. B. jeder Querschnittstheil eines Tubularia-Stammes nicht etwa dasselbe Totale, wie jeder Querschnitt am Weidenstamme, liefern, sondern er kann jeden beliebigen einzelnen Querschnittstheil eines künftigen fertigen Tubularia-Kopfes liefern, kann somit eine ungeheuere Menge verschiedener Schicksale haben. So kann auch an der Blastula der Echiniden, wenn wir, wie wir es müssen, nur den expliciten Theil der Potenz heranziehen, jede einzelne Zelle

Jedes liefern, was nur von der Blastula dieser Formen überhaupt unmittelbar geliefert werden kann, also: Wimperschopfzellen mit längeren centralen oder mit kürzeren seitlichen Wimpern, einfache Hautzellen, Mundzellen, Wimperschnurzellen verschiedener Kategorie, Mesenchym- und Darmanlage-Zellen u. s. f. u. s. f., wobei nur das Allerauffälligste genannt ward. Für die Urdarmzellen tritt nun natürlich in so fern eine Beschränkung auf, als Alles, was »ektodermalen Ursprungs« ist, für sie nicht in Betracht kommt, aber Jedes, was irgendwie vom Darm explicit geliefert wird, kann hier auch jede Zelle liefern, und eine gewisse Beschränkung der Zahl der Möglichkeiten im Vergleich zur Totalität der Eigenschaften des Organismus hatten wir ja auch bei der Potenz des Blastoderms zu verzeichnen, indem hier explicite »Mesenchym- und Darm-Anlagezellen« als nur eine einheitliche Kategorie von Möglichkeiten figurirten.

Somit ist die Potenz der jetzt von uns betrachteten Lebenssysteme von derjenigen der erst erörterten verschieden: »jedes Element kann Jedes«, heißt es jetzt. In Bezug auf dieses Wort »Jedes« lässt sich aber noch eine weitere Unterschiedscharakteristik gewinnen.

Beim Weidenzweig und bei der Antennularia, unseren beiden Paradigmen für determinirt-äquipotentielle Lebenssysteme, stehen die beiden möglichen Geschehenseffekte nicht in irgend welcher festen Raumordnung zu einander: es ist ganz gleichgültig, wie viele Sprosse und Wurzeln an der Weide entstehen, und wie sie nun gerade zu einander im Einzelnen liegen, darin ist nichts Specifisches. Ganz anders beim Geschehen an den äquipotentiellen Systemen, die wir jetzt untersuchen, bei denen jedes Jedes leisten kann: es steht hier nämlich »jeder« der möglichen Effekte zu jedem anderen in einem ganz festen relativen Lageverhältnis, auch tritt, mit wenigen Ausnahmen, jeder Effekt nur einmal oder doch in bestimmter Zahl auf: eben seine Zahl und sein Lageverhältnis zu jedem anderen Effekt ist hier ein ganz wesentliches specifisches Merkmal. Aus dieser Charakteristik gewinnen wir eine treffende Bezeichnung für die jetzt von uns betrachteten Lebenssysteme:

Jene anderen Systeme, den Weidenzweig z. B., nannten wir determinirt-äquipotentiell; nun könnten wir unsere jetzt betrachteten Systeme indeterminirt-äquipotentiell nennen, wenn wir uns nur bewusst blieben, dass der Ausdruck ja zwar so ganz korrekt nicht sei, indem ja auch hier eine Beschränkung freilich in weitem Spielraum vorläge; aber abgesehen von der Inkorrektheit dieses Ausdrucks, den wir gelegentlich immerhin anwenden werden, würde er

auch wohl gerade das wesentlichste Kennzeichen nicht zum Ausdruck bringen, dieses scheint mir vielmehr gerade in dem Umstand zu liegen, dass jeder Effekt nur einmal oder eine bestimmte Zahl von Malen geschieht und in einer festen Beziehung zu allen anderen Effekten steht, und so nenne ich denn solche Lebenssysteme wie den Tubularia-Stamm oder den abgefurchten Echinidenkeim: harmonisch-äquipotentielle Lebenssysteme.

Mit der Art der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Lebenssysteme haben wir uns also jetzt näher abzugeben. Ehe wir aber dazu übergehen, mag kurz zum Bewusstsein gebracht sein, was wir eigentlich im Vorstehenden gethan haben.

Wir haben uns zum Zwecke der Untersuchung unserer Objekte einen Begriff geschaffen, den Begriff der prospektiven Potenz, ich nenne ihn einen analytischen Hilfsbegriff; wir haben dann uns gefragt, welche Merkmale dieser Begriff in verschiedenen Fällen darbiete, und haben diese Merkmale zur Charakteristik der verschiedenen Fälle, unserer »Lebenssysteme«, gebraucht.

So gelang es uns in abstraktester Weise, die Grundvoraussetzung alles Geschehens an unseren Systemen, die »Bedingungen« unserer Systeme, oder wenigstens einen Theil derselben zu formuliren.

## § 4. Äußere Voraussetzungen der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme.

Neben den allgemeinsten soeben erörterten Voraussetzungen für das Differenzirungsgeschehen an harmonisch-äquipotentiellen Systemen, nämlich der Art ihrer prospektiven Potenz, giebt es nun noch einige andere, welche ebenfalls zu ihren »Bedingungen« in Bezug auf dieses Geschehen gehören.

Dass dazu das Erfülltsein entsprechender energetischer Verhältnisse der Außenwelt gehört, soll nur erwähnt, nicht weiter diskutirt sein.

Es gehört aber dazu auch noch, Angesichts der völligen Äquipotentialität der Konstituenten des Systems, wenigstens eine äußerliche Ungleichheit derselben, eine gewisse Richtung oder, wenn das Geschehen doppelt gerichtet ist, zwei solcher Richtungen, wie ja auch im einleitenden Kapitel schon genugsam betont ist. Wenigstens gilt das, wenn äußere Reize für die Lokalisation des ersten Differenzirungsgeschehens, der Schaffung der ersten Ungleichheit, ausgeschlossen sind, und sie sind hier ausgeschlossen.

Im Übrigen kann hier auf jenes einleitende Kapitel mit seinen Ausführungen über die gerichtete Struktur des Eiplasmas und über

äußerliche Richtungsmerkmale anderer Gebilde, wie ihre Längenausdehnung und Ähnliches, verwiesen werden, denn uns liegt hier principiell nur an der Konstatirung des Vorhandenseins einer primären Richtungsorganisation als nothwendiger Voraussetzung der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme überhaupt.

Wegen des allgemeinen Causalitätspostulates ist das eine nothwendige Voraussetzung.

Es ist also ein Unsinn, das Ei ungeachtet seiner hoch ausgeprägten harmonischen Äquipotentialität »isotrop« zu nennen, wie sollte sich wohl ein wirklich isotropes System aus sich heraus differenziren?

Ein gutes Exempel für die Wichtigkeit der Richtungsverhältnisse sich differenzirender Systeme, mögen sie auch noch so äußerlich und im Vergleich mit Anderem nebensächlich erscheinen, sind jene Versuche, in denen[1]) schräg abgeschnittene Tubulariastämme auch alle Neubildungen schräg, nach der geschaffenen Wundfläche, orientirt anlegten.

Das primäre Koordinatensystem, d. h. die Gesammtheit der Richtungen, welche bei Beginn des Geschehens vorliegt, ist also ein ganz wesentlicher Theil der Bedingungen des Systems und damit eine wesentliche Voraussetzung seiner Differenzirung.

## § 5. Der primär-regulatorische Charakter der Differenzirung harmonisch-äquipotentieller Systeme.

Roux hat einmal das Hervorgehen des Typischen aus Atypischem für das größte Räthsel des Organischen erklärt. Gewiss ist es ein sehr großes Räthsel, aber ob ein größeres als anderes Lebensgeschehen auch? Er meint wohl nur, es erscheine dem Unbefangenen als das allergrößte, und das ist mit den Regenerationsvorgängen in der That der Fall gewesen.

Das Hervorgehen des Typischen aus Atypischem ist aber nicht nur ein Räthsel, sondern auch für uns die einzige Handhabe, um typisches Geschehen selbst in seiner Gesetzlichkeit kennen lernen zu können, wenigstens in einem Falle, nämlich dann, wenn das zum Atypischen geschaffene sogleich, vor allem Geschehen, wieder typisch wird, wenigstens typisch in relativem, nicht zwar in absolutem Sinne.

In diesem Falle nämlich ist im strengen Sinne »anomales« Geschehen nur jenes Wiederbilden des typischen Ausgangspunktes, aber alles Weitere ist nur relativ anomal, also nur anomal so weit

---

[1]) »Zur Analysis der Reparationsbeding. etc.« Vierteljahrsschr. Zürich. XLI. Jubelband.

bestimmte fixe Zahlen in Betracht kommen, ist aber dem Wesentlichen nach normal.

Wie kann es denn nun kommen, dass ein gestörtes Geschehen doch, vom allerersten Vorgang abgesehen, typisch verlaufen kann? Da muss wohl der Geschehensvorgang in sich selbst einen gewissen regulatorischen Charakter tragen, derart, dass er zum Ausgleich von Störungen gar keiner wesentlich neuen Mittel bedarf?

In der That trägt das Differenzirungsgeschehen harmonisch-äquipotentieller Systeme solchen regulatorischen Charakter in sich selbst: in der Natur seiner prospektiven Potenz liegt er eben begründet, in dieser Natur seiner Elemente, dass Jedes Jedes kann, und alle Effekte mit Rücksicht auf einander geschehen. Ich habe schon früher[1]) ausgleichendes Geschehen solcher Art primär-regulatorisches Geschehen genannt.

Wirklich abnormes, sekundär-regulatorisches Geschehen ist also bei der Entwickelung von Bruchstücken des Echinidenkeimes nur die nothwendig postulirte verkleinerte Wiederherstellung der Ganzorientirung, dann geht erst das eigentliche Differenzirungsgeschehen an, und dieses erfolgt nun relativ normal, primär-regulatorisch, eben wegen der Natur der prospektiven Potenz der Elemente. Wie wichtig jener scheinbar unbedeutsame erste sekundär-regulatorische Vorgang der Wiederherstellung des Ganzen ist, das zeigt uns das Ctenophoren- und das Gastropodenei. Hier unterbleibt er jedenfalls, und nun geschieht im Folgenden nichts Ganzes; nur eben auf das Unterbleiben jener Sekundär-Regulation, nicht etwa auf anderen Charakter der Prospektivität der Elemente brauchen wir wenigstens, wie oft erörtert, aus jenen defekten Folgeerscheinungen zu schließen (von geringen Einschränkungen hinsichtlich stofflich besonders gekennzeichneter Zellen abgesehen).

Methodisch wird uns nun jener mit der Natur harmonisch-äquipotentieller Systeme eng verknüpfte primär-regulatorische Charakter des Geschehens an ihnen desshalb so wichtig, weil wir nur aus ihm, wie er sich uns nach Erfüllung der gewissen sekundär-regulatorischen Voraussetzungen darstellt, ermitteln können, was an dem bloß beobachteten »deskriptiv-normalen« Geschehen der Ontogenese wirklich normal im Sinne tieferer causaler Gesetzlichkeit ist, weil wir nur auf Grund seiner experimentiren, d. h. äußere Faktoren willkürlich

---

[1]) »Taktische Reizbarkeit etc.« Arch. Entw.-Mech. III. pag. 377, siehe auch »Primäre und sekundäre Regulationen etc.« Ebenda IV.

modificiren und so, oft sogar entgegen den scheinbaren Ergebnissen reiner Beobachtung, sichere Aussagen machen können.

So wird uns der Umstand, dass Lebenssysteme mit harmonisch-äquipotentiellen Elementen zugleich das Charakteristikum möglicher primärer Regulation für das an ihnen ablaufende Geschehen zeigen, geradezu zur Voraussetzung der Möglichkeit, das Geschehen an ihnen seiner Gesetzlichkeit nach zu erforschen. Unser Lokalisationsproblem im Besonderen hat in derartig hohem Maße sowohl jene Besonderheit der prospektiven Potenz wie auch jene mit ihr untrennbar verbundene primäre Regulirbarkeit zur Voraussetzung, dass wir geradezu sagen können: durch Studium des einen der drei Faktoren: Lokalisation, Potenz, Regulation, studiren wir nothgedrungen die anderen mit, und dass wir unsere Studie auch »Von dem regulatorischen Geschehen an harmonisch-äquipotentiellen Lebenssystemen« hätten betiteln und in unsere Serie, welche sich »Studien über das Regulationsvermögen der Organismen« nennt, hätten einreihen können, was auch in der That zeitweise unsere Absicht war und nur wegen des sehr allgemeinen Charakters, den diese Arbeit allmählich gewann, unterblieb.

## § 6. Die Lokalisation der Differenzirungsvorgänge an harmonisch-äquipotentiellen Lebenssystemen.

### a. Causale Form der Darstellung specieller Art.

Wir haben am Eingang der ganzen Untersuchung an mehreren Beispielen klar erkannt, dass die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge zu einem eigenartigen Problem werden könnte: sie wird es nämlich dann, wenn, um uns unserer neu gewonnenen Redeweise zu bedienen, harmonisch-äquipotentielle Systeme mit primärer Richtungsorganisation sich bei Ausschluss äußerer Ursachen differenziren. Unter dem Ausdruck »äußere Ursachen« sind hier nicht nur im strengen Sinne die Faktoren der Außenwelt verstanden, sondern, wenn die Differenzirung eines Systems in Frage kommt, das Theil eines Organismus ist, auch alle etwa von anderen Theilen desselben auf ihn geschehenden Beeinflussungen, wie sie z. B. in attraktiven, taktischen Reizwirkungen, bei Berührungen etc. vorliegen; auch solche Reizarten müssen also, damit unser Problem auftrete, ausgeschlossen sein.

Sind auch sie, und damit alle äußeren Ursachen überhaupt, ausgeschlossen, so wird eben desshalb die Lokalisation der Differenzirungsvorgänge ein Problem, weil sich mit Hilfe der von uns wissen-

schaftlich gekannten Ursachsarten nicht verstehen lässt, wie es nun an jenem in sich prospektiv gleichartigen Material zum Eintritt einer Verschiedenheit gerade an diesem oder gerade an jenem Orte komme. Wir sind aber vermöge der Causalitätskategorie unseres Denkens gezwungen, hier doch nach einer Ursache zu fragen, sie zu suchen, besser vielleicht gesagt: uns das vorliegende Geschehen in jedem einzelnen Falle in Form eines von Ursache und Wirkung redenden Satzes anschaulich darzustellen, und das soll nun zunächst versucht werden, wobei wir uns einer kritisch nicht gerade geläuterten, gleichsam populären Redeweise bedienen wollen, wie sie etwa der naive Realismus führen könnte; in späteren Abschnitten wird diese Redeweise durch eine strengere ersetzt werden.

Alle in Frage kommenden äquipotentiellen Systeme sind — das ist Voraussetzung alles Geschehens an ihnen — gerichtet organisirt, polar gebaut, können wir sagen; bei bilateralem Geschehen haben wir ein Koordinatensystem mit zwei ungleichpoligen und einer gleichpoligen Achse von gegebener Länge vor uns, oder mathematisch korrekter gesprochen, in einem Koordinatensystem einen Körper als Ausgang des Geschehens, der die genannten Achsenverhältnisse zeigt. Die Endpunkte der Achsen sind von Anfang an wohl charakterisirte Orte des Systems; wenn nun irgendwo sonst an ihm ein typisches Differenzirungsgeschehen eingeleitet wird, für das wir, so weit sein Ort in Betracht kommt, eine äußere Ursache ausschließen können, was können wir denn wohl darüber in lokal-ursächlichem Sinne sagen?

Betrachten wir zunächst den einfacheren Fall, dass ein System mit nur einer ungleichpoligen Achse, also etwa der Darm der Echinidengastrula, der Stamm der Tubularia, der Differenzirung unterworfen ist. Hier können wir uns das Geschehen in »causaler« Form darstellen dadurch, dass wir einen der Achsenendpunkte des Gebildes den Sitz auslösender Fernkräfte sein lassen; dieser Ort, der ja eben, weil er das Ende der Achse bildet, vor den anderen Orten des Systems als etwas Verschiedenes ausgezeichnet ist, »wirkt« also; das, worauf er wirkt, muss natürlich, wie immer, wo Effekte geschehen sollen, der Ursache antworten können, und so ist eine Art von »Causalharmonie«[1]) auch bei dieser Auffassung der Sachlage Postulat.

Wie wirkt nun jener besonders ausgezeichnete Ort der Achse auf das System? Erläutern wir das zunächst an dem einfachen Fall der Gliederung des Darmes der Echinidengastrula.

[1]) Anal. Theorie. pag. 130.

Hier geschehen zunächst nur zwei Effekte: die Bildung zweier Einschnürungen geht vor sich. Dass nun gerade dieses geschieht, dass Einschnürungen sich bilden, das geht uns hier gar nichts an, das liegt in der Potenz des Systems begründet, wird durch die auslösende Ursache nur wachgerufen, aber wo jene Einschnürungen entstehen, dafür ist die Ursache maßgebend. Wir müssen uns diese, wie schon gesagt, als »Fernkraft« denken und zwar als Fernkraft, die auf bestimmte typische Distanz hin wirkt. Dieses ihr inhärente Distanzmaß ihrer Wirkung ist nun aber keine absolut feste Größe, und zwar darum nicht, weil auch bei durch Operation beliebig verkürzten Gastrulis der Darm sich gleichwohl in richtiger Proportionalität gliedert: somit ist der Wirkungsbereich der von einem Endpunkt des Systems aus wirkenden Fernkraft[1]) gegeben nicht als eine absolute, sondern als eine relative Größe, indem er nämlich abhängig ist von der Länge der Achse des ganzen zu differenzirenden Systems.

Sind nun durch die Wirkung der Fernkräfte neue Mannigfaltigkeiten am System geschaffen, so sind damit auch natürlich Sitze möglicher neuer Fernkraftarten und damit die Voraussetzungen weiterer typisch lokalisirter Differenzirungen gegeben.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Stamm der Tubularia: von der Wundfläche gehen hier die durch bestimmten Wirkungsumfang charakterisirten Fernkräfte aus, die zunächst die Tentakelringe lokal bestimmen, vielleicht indem sie den vor deren Anlage im Coenosarc sichtbaren »tentakelbildenden« rothen »Stoff« typisch lokalisiren; sind sie angelegt, so mag von ihnen weitere Distanzwirkung ausgehen.

Gerade die Tubularia gestattet es, dem Charakter der differenzirenden Distanzwirkungen weiter nachzugehen, auch noch seltsamere regulatorische Eigenschaften an ihnen zu entdecken, als wir sie oben für das Echinidenei, bei Betrachtung operirter Objekte, auffanden.

Zunächst einmal wird, wie schon erwähnt, das Ausgehen der Distanzwirkungen von der freien Fläche, das Bemessen ihres

---

1) Wir reden hier nur von ganz principiellen Dingen, von der Anwendung des Causalschemas überhaupt. Im Speciellen ist klar, dass sich das Auftreten der zwei Einschnürungen am Darm der Gastrula verschieden auffassen ließe: entweder als Wirkung zweier auf bestimmte Distanz wirkender »Fernkräfte«, deren jede eine Einschnürung bestimmt, oder als Wirkung einer »Fernkraft«, welche im Bereich zwischen einem Minimal- und einem Maximalabstand wirkt, und so den Mitteldarm lokalisirt.

Wirkungsareals von ihr aus, besonders deutlich aus der schon erwähnten Eigenschaft schräg geschnittener Stücke, die Tentakelringe schief zur Achse anzulegen.

Einen regulatorischen Zug scheinen nun, entgegen unserer Behauptung, die von der Wundfläche der Tubularia ausgehenden Distanzwirkungen auf den ersten Blick gar nicht zu besitzen: es ist ziemlich gleichgültig, wie lang das Stammstück gewählt wird, das einen neuen Hydranthen formen soll, es bildet allemal die Tentakelringe in ungefähr denselben Abständen von der freien Fläche. So würde dann also jener beim Echinidendarm konstatirte Einfluss der absoluten Systemgröße auf den Wirkungsbereich der Fernkräfte in Wegfall kommen?

Wenn wir uns erinnern, dass eine Tubularia in gewissem Sinne das ist, was ich eine »offene Form« genannt habe[1]), in so fern nämlich wenigstens ihr Stamm (und ihre Stolonen) keine absolut fixirte »normale« Größe hat, dann, denke ich, werden wir ein regulatorisches Geschehen in Rücksicht auf diesen Stamm, der ja eben gar keine Kennzeichen besitzt, worauf sich die Regulation beziehen könnte, auch nicht erwarten.

Wir können es aber erwarten und werden unsere Erwartung erfüllt finden bezüglich einer Regulation der »Fernwirkungen« in Hinsicht auf ein Typisches, wenn wir nämlich unser Augenmerk auf dasjenige Kennzeichen richten, welches bei der Tubularia eben typisch-normal bestimmt ist: das ist bei gegebener Stammdicke die Größe des Hydranthen, aber auch dasjenige Stammareal, innerhalb dessen sich bei beliebiger, nicht »zu kleiner« Stammlänge ein neuer Hydranth anzulegen pflegt:

Die wunderbarsten regulatorischen Eigenschaften zeigen nämlich die fernwirkenden lokalisirenden Ursachen der Tubularia in jenen Fällen, wo entweder der typische Ablauf der Reparation durch eine zweite Operation gestört ist, oder wo die Versuchsobjekte kleiner als das Areal, innerhalb dessen sich normaler Weise ein neuer Hydranth bildet, gewählt wurden: im ersten Falle können, wie früher ausführlich geschildert ist, falls nicht Rückbildung oder echte Regeneration eintritt, Fernwirkungen in Geltung kommen, welche ganz direkt aus dem vorhandenen unzureichenden Anlagematerial nun doch durch Umdifferenzirung das gewünschte Ziel fertigen, im zweiten Fall wird, ganz wie beim

[1]) Analyt. Theorie. pag. 105ff.

Urdarm der Echinidenlarve, das Wirkungsareal der Fernkräfte regulatorisch in Relation zur Gesammtgröße des Systems modificirt, so dass also der Aktionsbereich derselben auch in diesem Falle, ebenso wie in dem oben genannten, nicht durch absolute Zahlen bestimmt ist[1]).

Doch soll dies Alles nur dazu dienen, um zu zeigen, dass eben ein typisch regulatorischer Zug den von uns postulirten Fernwirkungen, den nach Distanzmaßen wirkenden Ursachsarten, zukommt, und wir gehen nunmehr in der Diskussion der lokalisirenden Fernkräfte weiter.

In den bisher betrachteten Fällen war unschwer einzusehen, dass eindeutig charakterisirte Orte, beispielsweise der Ansatzpunkt eines in Frage kommenden Systems an anderen Systemen, Sitz der lokalisirenden Fernkräfte waren. Etwas komplicirter wird die Sachlage, wenn wir nunmehr dazu schreiten, die Differenzirung bilateraler Systeme am Beispiel der Differenzirung des Ektoderms der Echiniden, der Lokalisation nach mit Hilfe der von uns postulirten Distanzwirkungen zu begreifen.

Die Differenzirung geschieht in diesem Falle nicht nur in Längsrichtung einer Achse, während um die Achse herum Gleichförmigkeit oder doch stete Symmetrie herrscht, sondern hier ist das Geschehen derart lokalisirt, dass ihm in jedem Falle eine besondere Charakteristik durch drei auf drei Raumkoordinaten bezügliche Abstände zukommt. Um nun das Geschehen, wie wir es wollen, nach dem Schema von Ursache und Wirkung aufzufassen, können wir hier allerdings von den drei Raumkoordinaten abstrahiren und so die Betrachtung einfacher gestalten, wenn wir davon ausgehen, dass ja alle Differenzirung an einem Körper, der praktisch als gekrümmte Fläche anzusehen ist, vor sich geht. Am bequemsten für uns ist es, das sich differenzirende System, also das Echinidenektoderm, geradezu als Kugel anzusehen, als Kugel, an welcher zwei von drei auf

---

[1]) Alles Erwähnte ist ausführlich geschildert in meinen »Studien über das Regulationsvermögen etc.« I. Arch. Entw.-Mech. V.

Ebenda ist auch ausgeführt, dass längshalbirte Stammenden nach erfolgtem Wundschluss nicht etwa halbe Köpfe oder Köpfe mit halber Tentakelzahl, sondern dass sie typische, nur kleinere Hydranthen mit der annähernd oder ganz vollen Zahl der Tentakeln bilden. Diese Fakta stehen zwar nicht in Beziehung zu dem, was wir hier speciell untersuchen und dessen Voraussetzung die Äquipotentialität des Tubularia-Stammes in Längsrichtung der Achse ist, sie weisen vielmehr auf Äquipotentialität der Elemente im Umfang der Achse hin. Immerhin mochten sie erwähnt sein, da sie für das Problem, welches wir hier allgemein diskutiren, natürlich auch ein Beispiel abgeben könnten.

einander senkrechten Durchmessern ungleichpolig, d. h. durch Verschiedenheit der Substanz an ihren Polen (freilich nur in Hinsicht bloßen Gerichtetseins) ausgezeichnet sind, und nun eben die ungleichen Pole als Ausgangsorte causaler Wirkungen zu betrachten, letztere selbst aber ihrer Distanz nach durch Bogen zu messen.

In so fern sich das Ektoderm in einen flacheren und einen gewölbten Theil, beide durch die erste Anlage der Wimperschnur getrennt, sondert, mag bei seiner Differenzirung noch kein Geschehen auf Grund von Distanzwirkungen vorliegen, sondern die Lokalisation einfach durch den Äquator der ursprünglichen Eiorganisation in Bezug auf ihre Bilateralität bestimmt sein; wie steht es nun aber mit der Örtlichkeitsbestimmung des Mundes und derjenigen Ektodermtheile, welche, wie gezeigt, auf die Mesenchymzellen eine attraktive Wirkung ausüben? Der Mund, können wir sagen, bildet sich »unten« in der Mittellinie, in bestimmtem Abstand von »vorn« oder von »hinten«, und zwar in einem Abstand, dessen Proportionalität im Falle operativer Materialentnahme gewahrt wird: hier mögen wir immer wie in jenen anderen, oben diskutirten Fällen mit einer Distanzwirkung, die vom »hinteren« oder »vorderen« Pol ausgeht, und deren Wirkungsareal nicht absolut, sondern relativ-regulatorisch bemessen ist, auskommen, wobei wir dann freilich den Umstand, dass der Mund in der Mittellinie entsteht, auf Rechnung der bilateralen Primärorientirung des Ganzen, die eben an jener Mittellinie eine besondere Beschaffenheit und damit eine besondere Disposition schafft, zu setzen genöthigt sind. Aber das causale Schema ist so gewonnen, und nur das wollen wir, will in letzter Instanz jede sich über ihre Aufgaben und Möglichkeiten klare Wissenschaft.

Bei den beiden so typisch gearteten, attraktiven Zonen des Ektoderms liegt Alles komplicirter, wie überhaupt bei allem Paarigen, nicht in der Mittellinie Liegenden: wollen wir das causale Schema hier wahren, so müssen wir zwei sich successiv folgende Geschehnisse annehmen: das eine geht beispielsweise von der ventralen Mittellinie aus und bestimmt rechts und links von ihr in bestimmtem Abstand liegende Linien, das zweite bestimmt, als Distanzwirkung vom animalen oder vegetativen Pol ausgehend, auf jenen Linien die definitiven Orte des Geschehens. Dieses Schema ließe sich in allen Fällen anwenden.

Wir haben an nur wenigen Beispielen erörtert, wie wir uns die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge an harmonisch-äquipotentiellen Systemen als Folge von festen in der Primärorganisation gegebenen

Punkten ausgehenden Distanzwirkungen vorstellen. Das Angeführte mag für den Zweck genügen und es sei nur erwähnt, dass noch manches Andere ein gutes Beispiel für das Gesagte abgeben würde. Erinnert mag hier an die von R. ZOJA[1]) an Meduseneiern ausgeführten Versuche sein: auch hier haben wir, wie die Versuche ergaben, wennschon sie nicht in der Vollständigkeit wie die Experimente an Seeigeleiern ausgeführt wurden, harmonisch-äquipotentielle Systeme vor uns, und es würde gewiss sehr lehrreich sein, bei sich durchzudenken, wo überall bei den Differenzirungsvorgängen, zumal am Schirmrand, wir auf die unabweisbare Annahme von lokalisirenden Distanzwirkungen stoßen würden. Neues würden wir aber hier nicht lernen können.

Woran es uns in diesem Abschnitt allein ankam, das war dieses: nachdem einmal gezeigt war, dass die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge ein Problem sui generis sein könne, nachzuweisen, dass sich eben dieses Geschehen in jedem einzelnen Falle doch nach dem Schema von Ursache und Wirkung auffassen lasse, wenn man von gegebenen festen Punkten des sich differenzirenden Systems ausgehende Fernwirkungen annimmt.

Diese Fernwirkungen würden in der Oberfläche einer Kugel von ganz bestimmtem Radius oder im Areal zwischen den Oberflächen zweier koncentrischen Kugeln von ganz bestimmten Radien wirken, wobei aber die Maßzahlen der Radien nicht absolut, sondern in regulatorischer Relation zum Ganzen bestimmt wären, und ein Effekt im Bereich ihres Wirkungsumfanges natürlich nur da eintreten könnte, wo auf Grund specifischer prospektiver Potenz ein solcher auf gerade diesen Reiz hin möglich wäre; praktisch würden sonach die Kugelwirkungen meist auf Abstandswirkungen sich reduciren. Es ist nicht nöthig besonders zu betonen, dass diese Fernwirkungen die Einführung einer ganz neuen specifischen Geschehensart bedeuten würden.

Es ist vielleicht dem Leser aufgefallen, dass bei der hier gepflogenen »causalen« Behandlungsart unseres Problems das Attribut »harmonisch« für die in Hinsicht ihrer Differenzirung untersuchten äquipotentiellen Systeme eigentlich nicht am Platze ist: sie besitzen einen »harmonischen« Charakter wohl nur in so fern, als sie im Interesse des zu erreichenden Zieles die Wirkungsgröße der Fernkräfte absolut bestimmen, aber alles andere Harmonische des Geschehens, also vor Allem der Umstand, dass jeder einzelne Effekt

---

[1]) Arch. Entw.-Mech. I u. II.

nur einmal oder wenige Male und in bestimmter Relation zu allen anderen Effekten geschieht, hängt von der richtigen harmonischen Succession der auslösenden Reize, also unserer »Fernkräfte«, ab und ist somit in letzter Linie das, was früher von mir als gegebene Kompositions- und Causalharmonie des Keimes bezeichnet wurde[1]).

Trotzdem bleibt der Name des »harmonisch-äquipotentiellen Lebenssystems« zu Recht bestehen, denn er wurde gewonnen auf Grund von Erwägungen über die Voraussetzungen des von uns studirten Geschehens, welche viel allgemeinerer, unbefangenerer Art waren, als die jetzt über das Geschehen selbst gepflogenen, und wir werden später sehen, dass er auch einer ganz allgemeinen, unbefangenen Analyse des Geschehens selbst Stand hält. —

Zum Zweck der Durchführung des streng causalen Schemas ist dieser Abschnitt geschrieben worden, ist, können wir auch sagen, mein alter Begriff der Position[2]) »causal aufgelöst« worden, ohne darum eine Auflösung in chemisch-physikalische Faktoren zu ergeben. Wem an der Durchführung eben jenes Schemas nicht gelegen ist, dem wird vielleicht die ganze Darstellung dieses Abschnittes gezwungen vorkommen, und er wird sich vielleicht mehr angezogen fühlen durch die streng empirisch-funktionale Darlegung des reinen Sachverhaltes, zu welcher wir später übergehen wollen.

Zuvörderst aber sei noch eine andere Art causaler Betrachtung angestellt, welche recht deutlich machen wird, dass das uns zur Beurtheilung vorliegende Geschehen anderer Art ist, als Alles, was wir im Anorganischen von Geschehensarten kennen. Diese Betrachtung wird auch dem dann folgenden Abschnitt vorarbeiten.

#### b. Causale Form der Darstellung allgemeiner Art.

Wir haben unser Lokalisationsproblem oben in so fern »causal« behandelt, als wir für jeden einzelnen Geschehensvorgang, der es involvirte, eine ortsbestimmende Ursache in Form einer Fernkraft einführten: wir mussten das thun, wenn wir überhaupt für jeden einzelnen Vorgang eine Ursache angeben wollten.

An dieser Stelle nun soll das Causalschema in allgemeinerer Form angewendet werden.

Wir wollen zunächst die Gesammtheit des in einem beliebigen Experimentalfall lokalisirt Geschehenden als »Effekt« setzen, und als »Ursache« ansehen die Operation in ihrer Specifität nach Ort und Quantum.

---

[1]) Anal. Theorie. pag. 86 u. 130 f.

[2]) Siehe oben pag. 38 f.

Wir fragen, in welcher Beziehung der Effekt zur Ursache stehe, und wollen eben durch diese Beziehung die uns vorliegende Geschehensart kennzeichnen.

Da zeigt sich denn nun, dass Effekt und Ursache in einer ganz besonderen Art von Beziehung zu einander stehen, indem, wie auch immer die »Ursache« (der Quantität nach) beschaffen sein möge, der Effekt ihr der örtlichen Specifität nach entspricht, und zwar »entspricht« im Sinne der Erreichung eines gegebenen Zieles: hängt letztere, also die specifische Lokalisation alles Geschehenden, doch, wie wir sahen, ab von der absoluten Größe des Systems, und ist doch eben diese absolute Größe durch die Operation in ihrer quantitativen Specifität gesetzt.

Dass Ursache und Effekt sich »entsprechen«, das heißt, dass erstere in letzterem in irgend welcher Form wieder erscheint, dass beider Specifitäten zu einander in einer allgemein charakterisirten Beziehung stehen, das findet nun zwar auch im Anorganischen statt, aber in ganz anderer Weise als in unserem Fall: im rein Mechanischen gilt der Satz von der Übertragung der Ursache, deren Kennzeichen hier nur Quantität ist (»causa aequat effectum«).

Im Gebiet der Energieverwandlungen, also im Bereiche eigentlich physikalischen Geschehens, gilt ein Gleiches, so weit Quanta in Betracht kommen, während in Hinsicht des Qualitativen der Umwandlungen ein »Entsprechen« irgend einer Art überhaupt nicht statt hat.

Im chemischen Umwandlungsgeschehen entsprechen sich zwar die »Ursache« und die »Wirkung«, aber so, dass erstere mit einigen ihrer Kennzeichen in letzterer wieder auftritt[1]).

Solches ist bei unserem Lebensgeschehen durchaus nicht der Fall: es handelt sich durchaus nicht um ein ganzes oder theilweises Wiederauftreten der Ursache, sondern um ein bloßes Zugeordnetsein, aber um ein Zugeordnetsein in unbegrenzter Weise: jeder (der Quantität nach) specifischen Ursache korrespondirt eine (der Lokalisation nach) typische Wirkung, die endliche Erreichung eines gegebenen Zieles ermöglichend.

Wir wollen solche Causalverkettungsart: Anpassungsgeschehen und zwar indeterminirtes Anpassungsgeschehen, auch Antwortsgeschehen[2]) nennen.

---

[1]) Additive Eigenschaften OSTWALD's. — Im Sinne des Causalschemas sei etwa die Zufuhr von H (bei genügender Temperatur) »Ursache«, O »das System«, dann ist $H_2O$ die »Wirkung«.

[2]) Diesen Ausdruck entlehne ich der klassischen Arbeit von GOLTZ: »Bei-

Die Vorgänge, die uns auf unser Lokalisationsproblem führten, sind also einer weit allgemeineren Geschehensart subsumirt worden, einer Geschehensart sui generis. —

Wir können nun noch auf eine andere Weise darthun, dass das von uns zum Problem gemachte ontogenetische Lokalisationsgeschehen dem Begriff des »Antwortsgeschehens« untergeordnet sei, und diese Betrachtung wird in so fern besonders lehrreich sein, als sie unmittelbar anknüpft an das, was wir die wesentlichste Voraussetzung der von uns studirten Geschehensart nannten, an den harmonisch-äquipotentiellen Charakter der Lebenssysteme, an denen sie sich abspielt.

Es wird sich zeigen, dass die Charakterisirung eines Lebenssystems als harmonisch-äquipotentiell eigentlich schon implicite die Behauptung eingeschlossen enthalte, dass Differenzirungsgeschehen an ihm »Antwortsgeschehen«, »indeterminirtes Anpassungsgeschehen« sei.

Was wir im ersten Theile dieses Abschnittes über den Antwortscharakter des von uns studirten Geschehens aussagten, als wir summarisch die Operation als »Ursache«, die Specifität des Effekts als »Wirkung« setzten, das würde sich wohl auch vom Geschehen an Systemen, die nicht harmonisch-äquipotentiell sind, sagen lassen. Zum Beispiel würde es von echten Regenerationen gelten: auch am Beine des Triton »entspricht« bei solcher summarischer Betrachtung immer die »Wirkung« der »Ursache«, d. h. die Specifität des Gebildeten der Specifität des Entnommenen. Solche echte Regenerationen haben aber harmonisch-inäquipotentielle Systeme zur Basis des Geschehens, mit welchem Ausdruck nur dem oben explicite Dargelegten (pag. 41 f.) ein Name gegeben ist.

Um zum Ziele unserer Betrachtung zu gelangen, fragen wir uns, wie sich denn jedes Element eines harmonisch-äquipotentiellen Systems in »causaler« Hinsicht, in Hinsicht seines Reagirens, seiner Effektleistung verhalte. Da sehen wir denn, dass es jede der überhaupt im gegebenen Falle vorliegenden Möglichkeiten als Effekt leisten kann, dass, was es leistet, d. h. dass seine »prospektive Bedeutung« »Funktion seiner relativen Lage im Ganzen ist«: »liegt es anders, so giebt es auch Anderem den Ursprung«. Eben mit diesen schon früher von mir ausgesprochenen, aber nicht in

---

träge zur Lehre von den Funktionen der Nervencentren des Frosches.« Berlin 1869. pag. 91, in welcher mit ganz anderen Mitteln und in ganz anderer Weise als von uns der »Vitalismus« erwiesen wurde, ohne freilich, dass ihr Autor sich dessen klar bewusst geworden wäre oder diese wichtige Folgerung ausgesprochen hätte.

ihrer ganzen Tragweite erkannten Sätzen lässt sich das von uns als Problem studirte Geschehen kennzeichnen.

So charakterisirt ist aber ja das Reagiren jedes einzelnen Elements unserer Systeme als »Antwortsgeschehen« gekennzeichnet, denn eine Blastomere des abgefurchten Echinidenkeims, ein Querschnittsdifferential eines Tubularia-Stammes, die von irgend einem »formativen« Reiz getroffen werden, können ihm im Interesse der Herstellung des Ganzen in jedem Fall entsprechen. Welcher unter den möglichen Reizen das Element im einzelnen Falle trifft, das hängt von der durch die Operation gesetzten absoluten Größe des Systems und damit von der relativen Lage des einzelnen Elements im Ganzen ab, und von welcher Art die Reize sind, ob von bekannter Kategorie oder ob die von uns im vorigen Abschnitt stabilirten Fernkräfte, das kommt bei dieser Art der Betrachtung überhaupt nicht in Frage.

Denn diese Betrachtungsform handelt nur von den Reaktionsmöglichkeiten der Elemente unserer Systeme; eben deren Analyse zeigt die einzelnen Reaktionen als dem Begriff des Antwortgeschehens subsumirt auf. —

Zum Schlusse mag wieder nur erwähnt sein, dass auch bei der hier gepflogenen Darstellungsart das »harmonische« unserer harmonisch-äquipotentiellen Systeme mehr ein Kennzeichen der Abfolge der formativen Reize als eigentlich des »Systems« wird, worüber das im Abschnitt a (pag. 54) Gesagte verglichen werden mag. Übrigens kommen im vorliegenden Abschnitt, der es unternimmt, das von uns studirte Lokalisationsgeschehen dem Begriff der »Antwortsreaktion zu subsummiren«, unsere Lebenssysteme ja überhaupt nur, so weit sie »indeterminirt-äquipotentielle« Systeme sind, in Betracht (cf. pag. 44).

#### c. Funktionelle Form der Darstellung allgemeiner Art.

Es ist ein Charakteristikum aller derjenigen ontogenetischen Geschehnisse, welche uns in ihrer Lokalisation ein Problem sui generis darboten, dass sie Mittel für ein zu erreichendes Ziel, dass sie »zweckmäßig« sind.

Zweckmäßig nennen wir ein Einzelgeschehnis, wenn es in Verbindung mit anderen Vorgängen, die nicht in unmittelbarer Beziehung zu ihm zu stehen brauchen, einen begrifflich einheitlich gekennzeichneten Effekt hat, wobei aber vorausgesetzt ist, dass dieser Effekt in seiner Specifität nicht nur einmal oder wenige Male, sondern unbestimmt oft realisirt werde, dass er, kurz gesagt, nicht ein »historisches«, sondern ein »ideelles« Faktum sei. Ist er das nicht, wie

z. B. bei Entstehung eines Gebirges, einer Insel, eines Vulkans, so wird die Anwendung des Zweckbegriffs zu einer müßigen Umdrehung des Causalitätsschemas. Zweckmäßig in diesem Sinne ist also jeder einzelne Vorgang in einer Ontogenese: das fertige Thier ist hier der einheitlich gekennzeichnete Effekt; zweckmäßig sind die histologischen Veränderungen bei ans Land versetzten Wasserpflanzen, denn das normale Funktionsgetriebe des Organismus ist hier das einheitliche Ziel, zu dem sie beitragen; zweckmäßig ist jede einzelne Phase der »Instinkt«-Thätigkeit einer Spinne, die ihr Netz baut.

Mit der Kennzeichnung eines Vorganges als »zweckmäßig« ist noch gar nichts darüber ausgemacht, ob er an sich betrachtet den aus den anorganischen Disciplinen bekannten Causalitätsarten folge oder nicht, der Begriff »zweckmäßig« ist viel weiter als etwa der Begriff »vitalistisch«, was schon daraus erhellt, dass auch die Einzelvorgänge an von Menschen gebauten Maschinen zwar »zweckmäßig« im Sinne unserer Definition, aber physikalisch oder chemisch sind. Auch ist der Begriff »zweckmäßig« viel weiter als der Begriff »erhaltungsgemäß« oder »lebenserhaltend«, denn die einzelnen Phasen der Thätigkeit eines Künstlers bei Fertigung eines Kunstwerkes oder eines Maschinenbauers sind zweckmäßig, ohne darum lebenserhaltend sein zu müssen.

Wenn also die Vorgänge ontogenetischer Differenzirung, die uns in ihrer Lokalisation ein Problem darboten, als zweckmäßige bezeichnet wurden, so ist damit noch recht wenig über sie ausgesagt.

Was sonst über sie ausgesagt ward, war dieses: dass sie ein harmonisch-äquipotentielles System zur Voraussetzung haben, das heißt, dass jedes Element der Systeme, an denen sie geschehen, jedes überhaupt Leistbare gleichermaßen leisten kann, wobei eben das Leistbare in typischer räumlich-zeitlicher Beziehung unter sich steht; diese Art der Potenz ergiebt sich uns aus dem Verhalten unserer Objekte gegenüber Störungen.

Untersuchen wir jetzt, ob sich, wenn nicht aus einer, so doch etwa aus beiden über den Charakter unserer Differenzirungsvorgänge ermittelten Aussagen vereint etwas Näheres über die in ihnen sich äußernde Geschehensart ausmachen lasse.

Wir führen zu diesem Ende einige Begriffe ein. Als Zweckverlauf bezeichnen wir die Summe allen Geschehens, das mit begrifflich einheitlich gekennzeichnetem Zweck endet. Ist der Zweck erreicht, so ist der Zweckzustand eingetreten; die Gesammtheit der Phasen aller einzelnen Geschehnisse des Zweckverlaufs zu einer

beliebigen Zeit *t* seines Ablaufs nennen wir Zustand des Zweckverlaufs. Setzt sich der Zweckverlauf aus einer Reihe unmittelbar unabhängig von einander verlaufender Geschehnisreihen zusammen, so reden wir von Partialzweckverläufen und entsprechend von Zuständen eines Partialzweckverlaufs.

Wie kennzeichnen sich nun jene Geschehnisse, die uns in ihrer Lokalisation ein Problem darbieten?

Die Eigenschaft der »Zweckmäßigkeit« theilen sie, wie wir sagten, mit jedem Geschehen an Maschinen; sie allein würde sie also nicht irgendwie kennzeichnen. Anders wenn wir auf die Art, in der sie zweckmäßig sind, näher eingehen:

Alle uns als problematisch vorliegenden Fakten geschehen, wie zumal im letzten Abschnitt erörtert, in Konformität zu der äußeren Ursache, welche sie in ihrer Specifität mittelbar auslöst, nämlich zu der sie in ihrer typischen Weise in toto bedingenden Störung des Geschehens mittels einer Operation, und zwar derart, dass sie die Störung, möge sie sein wie sie wolle, allemal im Sinne einer Ermöglichung der Erreichung des Zweckzustandes kompensiren. Sie sind also in ihrer Specifität abhängig von der Ursache ($c$) und dem Zweckzustand ($Z$). Aber auch das ist noch keine erschöpfende Charakteristik für sie.

Wir gewinnen eine solche erst, wenn wir auf den regulatorischen Charakter des Geschehens, so weit er gerade auf der so charakteristischen Potenz der Systeme beruht, Rücksicht nehmen.

Maschinen können auch Regulationseinrichtungen für eintretende Störungen besitzen, aber nicht derart, dass, wenn ein Theil, an dem gerade etwas Typisches geschehen soll, atypisch gestört wird, er nun in seinem atypischen Zustand doch Typisches leistet: er wird vielmehr durch ein Geschehen an einem anderen Theil ersetzt, und so wird die Regulation geleistet. Solches Geschehen ist wenigstens in gewissem Umfange principiell an Maschinen denkbar, wennschon praktisch selten realisirt.

In unserem Fall geschieht aber dieses: Durch die Ursache ($c$) ist der ganze Zweckverlauf gestört, ein gewisser Zustand desselben ($G$) ist durch ihn zu einem anderen ($G'$) abgeändert; er ist das, in so fern ja jedenfalls gewisse, wenn nicht alle Zustände seiner Partialzweckverläufe (also beispielsweise $g_1$, $g_3$, $g_6$, $g_{12}$ . . . .) in andere ($g'_1$, $g'_3$, $g'_6$, $g'_{12}$ . . . .) abgeändert sind; das Geschehen, welches nun inscenirt wird, und welches, wie wir sahen, von $Z$ und von $c$ abhängig ist, ist nun weiter noch gekennzeichnet dadurch, dass,

wenn es sich etwa zur Kompensation der an $g_1$ gesetzten Störung abspielt, es nicht von anderem partialen Zweckgeschehen aus, sondern an eben diesem gestörten Partialzweckzustand geschieht, also abhängig ist von der Natur der specifischen ihm widerfahrenen Störung, also von $g'_1$, und von der Potenz nur des $g_1$ überhaupt, was bloß durch das Zeichen $g_1$ bezeichnet sein mag. Nennen wir folgerichtig das, was nun in der That am gestörten $g_1$, also an $g'_1$, geschieht $\mathfrak{h}'_1$ (nicht etwa $h_1$ oder $h'_1$) um auszudrücken, dass eine neue Geschehensreihe durch die Störung inaugurirt sei, so ist

$$\mathfrak{h}'_1 = \varphi\,[Z, c, g_1, g'_1],$$

wobei wir das $c$ noch fortlassen können, da es im $g'_1$ schon zum Ausdruck kommt[1]) und bloß schreiben können:

$$\mathfrak{h}'_1 = \varphi\,[Z, g_1, g'_1],$$

wo $Z$ und $g_1$ konstant sind, aber $g'_1$ und daher auch $\mathfrak{h}'_1$ durchaus den Charakter mathematischer Variabler besitzen.

So ist das Geschehen, welches uns in seiner Lokalisation ein Problem darbot, analytisch gekennzeichnet. Es wird auffallen, dass von »Lokalisation« in diesem analytischen Ausdruck gar nicht explicite die Rede ist; implicite ist wohl die Rede davon, nämlich in jenem $Z$, dem Zweckzustand, von dem das Geschehen abhängen soll, ist eingeschlossen enthalten, dass es auch örtlich so geschehe, wie es eben die Erreichung von $Z$ erfordert.

Überhaupt ist die hier aufgestellte Geschehensformel viel allgemeiner als das hier von uns diskutirte Problem; sie umfasst es mit; weiter unten wird davon noch die Rede sein.

Zunächst gilt es noch, diese strenge Darstellungsweise des von uns analysirten Geschehens in Beziehung zu setzen zu allen vorangehenden Zeilen dieser Arbeit: scheinbar ist sie ihnen so ganz heterogen, ja, behandelt eigentlich unser Lokalisationsproblem im engeren Sinne gar nicht, sondern nur das Geschehen, aus dessen Analyse es oben sich ergab. Wir werden das scheinbar Heterogene zu einander in Beziehung setzen, wenn wir, ebenso wie wir oben bewiesen, dass das eigentliche Lokalisationsgeschehen, als engeres Problem gefasst, eine Geschehensart, eine Wirkungsweise sui generis darstelle, nun auch zeigen, dass die allgemeine Geschehensart, der

---

[1]) Die »Ursache« war hier also nur, wie oben gesagt, als der die Specifität des Geschehens in toto, mittelbar hervorrufende Faktor aufgetreten und kann wieder eliminirt werden, da der durch sie unmittelbar gesetzte Zustand des Systems ($g'_1$) zur funktionalen Kennzeichnung des Geschehens genügt. Man vergleiche damit das Vorgehen in den Abschnitten a und b.

es sich subsumirt, kein Maschinengeschehen sein könne. Auf diese Weise werden wir unsere durch Specialbetrachtung unmittelbar gewonnene Aussage durch noch gewichtigere Argumente stützen.

Das Grundcharakteristikum von regulatorischem Geschehen an Maschinen ist einmal, wie schon betont, das des Ersatzes, nicht das der Modifikation des Geschehens.

Schon in so fern unterscheidet sich das regulatorische Geschehen an Maschinen von dem von uns analysirten. Nun könnte darum freilich doch eine Ersatzregulation eine Geschehnisart sui generis repräsentiren, was hier nicht näher zu erörtern ist; dass sie es bei Maschinen nicht thut, liegt darin begründet, dass bei ihnen das Kennzeichen der Indetermination des Geschehens fehlt, dass an ihnen keine »Antwortsreaktionen« in dem oben (pag. 56) von uns definirten Sinne geschehen. Die Reaktionen regulatorischer Art sind hier vielmehr determinirt vorbereitet; in so fern sind sie also nicht vom Zweckzustand ($Z$) und der Ursache ($c$), resp. einem von ihr gesetzten beliebig variablen Partialzustand ($g'_1$) gleichermaßen abhängig, wodurch gerade der Antwortscharakter des Geschehens, das stete Sich-Entsprechen von Ursache und Wirkung, bezeichnet wird, sondern sie sind von $Z$ gar nicht und von $g'_1$ nicht als von einer beliebig Variablen, sondern als von einer Konstanten abhängig, dafür aber von einer ganz bestimmten Specialeinrichtung an einem anderen Theil, die allgemein als Potenz dieses Theils (aber als determinirte Potenz), also etwa als $k_1$, bezeichnet werden mag.

Doch wollen wir uns nicht über unser engbegrenztes Thema hinausführen lassen, zumal wir Ausblicke in weitere Gebiete des Wissens noch folgen lassen werden, und wollen uns begnügen hinzuschreiben, wie regulatorisches Geschehen an Maschinen analytisch gekennzeichnet ist. Es ist hier:

$$\mathfrak{h}'_1 = \psi\,[c,\ g'_1,\ k_1] \text{ oder } \psi\,[g'_1,\ k_1],$$

wo $k_1$ und $g'_1$ konstant sind. Jedenfalls ordnet sich alles regulatorisch maschinelle Geschehen dieser Formel, die sich in zwei Punkten von unserer Lebensgeschehensformel unterscheidet, unter, womit nicht gesagt sein soll, dass alles sich ihr unterordnende Geschehen maschinell sei; aber Alles, was sich ihr nicht unterordnet, ist nicht maschinell.

#### d. Funktionelle Form der Darstellung specieller Art.

Es sei nun auch noch ohne die oben eingeführten allgemeinsten Begriffe, wie »Zweckverlauf« etc., versucht, das Geschehen in Fällen,

wo die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge ein Problem darbietet, streng und ohne Rücksicht auf den Causalbegriff zu formuliren.

Voraussetzung solchen Geschehens war bekanntlich: erstens eine gegebene sich auf das Ganze erstreckende Richtung des Systems, aus der sich gewisse wohl charakterisirte Punkte desselben (»Pole«) ergeben, zweitens der als harmonisch-äquipotentiell bezeichnete Charakter seiner Potenz, welcher darin besteht, dass jedes Element des Systems jedes dem Charakter seiner Potenz nach Mögliche leisten kann, dass aber eben dieses Mögliche je nur einmal oder mehrere aber numerisch bestimmte Male und in bestimmter Lagebeziehung zu dem anderen Möglichen geschieht. Das Geschehen selbst hatte das allgemeine Kennzeichen, dass es stets auf Herstellung des den Relationen nach typischen Ganzen gerichtet war, darin zeigte sich sein auf der Art der zu Grunde liegenden Potenz beruhender primär-regulatorischer Charakter.

In einem früheren Abschnitt sagten wir nun, dass sich jeder Einzelvorgang des Geschehens auffassen lasse als Wirkung einer von den primär gegebenen oder später durch Schaffung neuer Mannigfaltigkeiten entstandenen festen Punkten des Systems ausgehenden Fernwirkung, welche, eben wegen Wahrung der typischen Relationen auch bei Störungen, als vom Quantum des Systems ihrer Wirkungssphäre nach abhängig zu denken sei. Diese Auffassung war absichtlich, um dem reinen Causalschema Genüge zu leisten, geschaffen worden: für unseren jetzigen Zweck, der auf eine vollständige Kennzeichnung des Geschehens ohne Rücksicht auf dieses oder ein anderes Schema gerichtet ist, entnehmen wir dem mit ihrer Hilfe Ermittelten Folgendes:

Jedes Geschehen der von uns untersuchten Art hat das Merkmal vor sich zu gehen an einem Orte, welcher abhängt von der Größe des gegebenen Systems und von den Relationsverhältnissen des vollendet gedachten absolut-normalen Systems, wobei durch den Ausdruck »absolut-normal« ausgedrückt sein soll, dass nicht nur die Geschehensgesetzlichkeit, sondern auch die absoluten Zahlen, in denen sie sich äußert, die des üblichen, ungestörten Verlaufes seien; durch seine Abstände von den »Polen« oder anderen festen Punkten ist der so bestimmte Ort des Geschehens angebbar.

Versuchen wir nun kurz auszudrücken, wovon in jedem einzelnen Falle die Örtlichkeit des Geschehens abhängt, wodurch es, mit anderen Worten, bestimmt wird, dass nun gerade an diesem Orte im Ganzen, $x\,y\,z$, ein Geschehen $\alpha$ unter diesen besonderen Umständen vor sich geht.

Das wird bestimmt: erstens durch die prospektive Potenz des Systems, die Summe des an ihm Möglichen; zweitens durch seine absolute Größe; drittens durch das von den in der Potenz enthaltenen Möglichkeiten bereits Realisirte (welche Potenz ja gerade darum eine »harmonische« heißt); viertens durch die Zahl, welche angiebt, in welchen Örtlichkeitsbeziehungen das zu Realisirende zu dem vom Bereiche der in der vorliegenden Potenz ausgedrückten Gesammtmöglichkeiten bereits Realisirten im Falle »absolut-normalen« Geschehens steht; fünftens durch die Primärrichtung des Systems[1]).

Von allen diesen Faktoren hängt es ab, dass im vorliegenden Fall gerade dieses an diesem Ort entsteht. Beschränken wir die Betrachtung nur auf die Bestimmung der Örtlichkeit des Geschehens, so hängt diese also ab: erstens von der absoluten Größe des Systems ($G$), zweitens von der bezüglichen Ortsrelation im Absolut-Normalen ($R$) und drittens von der absoluten Orientirung der Primärrichtung in Bezug auf ein fest gedachtes Koordinatensystem.

Kennen wir diese drei Daten, so können wir in jedem beliebigen, etwa experimentell gesetzten, Fall vorhersagen, wo das zu Erwartende geschehen wird. Bei vorausgesetzter bekannter Lage der Primärorientirung ist also

$$(x\,y\,z) = \varphi\,[G, R]; \text{ wo } R \text{ konstant ist.}$$

Hiermit ist ohne Anwendung des Causalitätsschemas eine elementare Art örtlicher Geschehensbestimmung in dem von

[1]) In Formelsprache ist, wenn wir $E$ den Effekt nennen, uns die Primärrichtung als in bekannter Weise gegeben denken und bezeichnen:

mit $p$ die prospektive Potenz des Systems,
mit $G$ seine absolute Größe,
mit $Z_p$ den Zustand der Potenz in Bezug auf das schon von ihr Realisirte,
mit $R$ die Ortsrelation im absolut Normalen,

$$E = \varphi\,[p, G, Z_p, R].$$

Dass diese Formel begrifflich identisch ist mit der oben auf Grund allgemeinerer Betrachtungen gewonnenen, ergiebt folgende Erwägung.

Dort fanden wir: $\mathfrak{h}'_1 = \varphi\,[Z, g_1, g'_1]$.

Es war: $\mathfrak{h}'_1$ der geschehende Effekt,
$Z$ der Zweckzustand,
$g_1$ der Zustand des Partialzweckverlaufs, anders: seine Potenz, vor der Störung,
$g'_1$ der durch die Störung gesetzte absolute Zustand eben dieses Verlaufes.

Es ist nun klar, dass sich $Z$ im zweiten Falle zusammensetzt aus $R$ und $Z_p$ im ersten; in beiden Zeichen kommt »die Idee« der Form zum Ausdruck; für $g_1$ haben wir $p$, für $g'_1$ $G$.

Also ist: $\mathfrak{h}' = \varphi\,[R, Z_p, p, G] = E$.

uns studirten Lokalisationsfalle ermittelt worden; elementar desshalb, weil sich einmal, wie am Eingang der ganzen Studie gezeigt, eine anderweitige Einsicht in sie nicht gewinnen lässt, dann aber auch — und das ist das positive Kennzeichen ihres elementaren Charakters —, weil das, was sie charakterisirt, nämlich die Abhängigkeit nur von der Größe des Systems und von einer durch eben diese absolut bestimmten, gegebenen Relationszahl, etwas ist, das uns in anderweitig bekannten Geschehensarten nicht entgegentritt. Denn alle an anorganischen Systemen auftretenden lokalspecificirten Mannigfaltigkeiten werden der Örtlichkeit nach durchaus von außen unmittelbar bestimmt, während in unserem problematischen Falle der äußere Faktor (die Operation) nur mittelbar, d. h. nur sofern er die absolute Größe des Systems setzt, ortsbestimmend eingreift.

### e. Kontrastirung der Darstellungsarten und ihre Beziehungen zum Zweckbegriff.

So haben wir denn das, was uns ein Problem war, nämlich die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge bei Anschluss äußerer differenzirender Faktoren, in vierfacher Weise gekennzeichnet. Indem wir gleichzeitig diese Kennzeichnung als eine elementare, nicht weiter in einfachere Faktoren zerlegbare nachwiesen, haben wir unser Problem eben durch seine Formulirung gelöst.

Als elementar wurde aber die uns problematisch erscheinende Geschehensart erkannt:

erstens (Theil a): weil sie zur Annahme besonderer »Fernkräfte« nöthigte, welche die Eigenschaft besitzen, in ihrer Wirkungssphäre regulirbar zu sein;

zweitens (Theil b): weil sie sich in zwiefacher Weise unter den Begriff des Antwortsgeschehens subsummiren ließ, dieser Begriff aber, wie hier in dieser Specialstudie nur angedeutet werden konnte, ein Elementarbegriff ist;

drittens (Theil c): weil sie, mit allgemeinsten Begriffen streng formulirt, einen anderen Formelausdruck ergab als maschinelles Regulationsgeschehen;

viertens (Theil d): weil sich auch bei Anwendung speciellerer Begriffe, welche nur auf ihr engeres Kennzeichen, nämlich auf ihre ortsbestimmende Natur, Bezug nehmen, zeigen ließ, dass sie darstellbar nur sei mit einem Ausdruck, welcher örtlich bestimmtes Geschehen im Anorganischen nicht darstellt. —

Im Grunde genommen war durch Aufstellung des Begriffs des harmonisch-äquipotentiellen Systems, mit dem wir die von uns in ihrer Differenzirung studirten Gebilde kennzeichneten, auch schon das Problem, welches sie uns bieten sollten, gelöst oder wenigstens in seiner Lösung vorbereitet: wir nannten jene Kennzeichnung der Systeme die Voraussetzung des Geschehens an ihnen, jetzt sehen wir nun, wenn wir unsere vier Arten der Darstellung des Geschehens selbst uns ins Gedächtnis zurückrufen, dass eben jener seine Voraussetzung charakterisirende Begriff in jeder dieser Darstellungsarten eine fundamentale Rolle spielte, in den beiden funktionalen, der dritten und vierten, ganz offenkundig, in den beiden causalen, wie pag. 54 und 58 schon betont, wenigstens in so fern, als er sich dem Begriff des »indeterminirt-äquipotentiellen Systems« (pag. 44) subsummirt.

Die beiden zuletzt gewonnenen Kennzeichnungen der Lokalisirungsgesetzlichkeit morphogenetischer Vorgänge, die im Grunde identisch sind, haben den Vortheil, rein das Geschehen, ohne Anwendung irgend eines anderen als des Funktionsausdrucks, fiktions- und hypothesenfrei darzustellen. Den Vorzug der Anschaulichkeit haben sie nicht, sondern ihn haben in höherem Grade die auf dem Causalschema beruhenden Ausdrucksweisen und zwar vorwiegend deren erste.

Bei ihr haben wir die »Ursache« und die »Wirkung«, beide räumlich gekennzeichnet und von einander getrennt. Die »Ursache« sitzt in den »Polen« oder anderen festen Orten, durch die Größe der Wirkungssphäre der von ihr ausgehenden »Fernkraft« bestimmt sie den Ort der »Wirkung«. Die Natur des Effekts hängt natürlich von der Potenz des von der »Ursache« betroffenen Systems ab, ebenso liegt es in ihr, dass sie jener Fernkraft überhaupt entsprechen kann, so dass der früher von mir aufgestellte Begriff der »Causalharmonie« [1]) nicht entbehrlich wird.

Das eigentlich »Zweckmäßige« des Geschehens scheint hier also sowohl im verursachenden Ort und der von ihm ausgehenden »Kraft«, wie auch im betroffenen System enthalten zu sein. Letzteres nämlich hat ja die Fähigkeit, in allen seinen Elementen gleichermaßen, allemal das im Interesse des Ganzen geschehen Sollende leisten zu können, sich gleichsam den Bedürfnissen »anzupassen«. Erstere andererseits wahrt, eben durch die von der Systemgröße abhängige,

[1]) Anal. Theorie. pag. 130f.

regulirbare Größe der Wirkungssphäre, die Proportionalität des Ganzen: die Größe dieser Wirkungssphäre kann sich auch »anpassen«.

Ich sage: es scheint so zu sein; eine tiefere Analyse wird unschwer erkennen lassen, dass es nicht so ist, und wir werden dann auch einsehen, dass es, wo anders wir eine wirklich rein causale Darstellungsart wünschen, gar nicht so sein darf: der Zweckbegriff muss aus den Kennzeichen der »Ursache« herausgeschafft werden. Wir erreichen das durch die Annahme, dass allemal bereits vor Inkrafttreten der von den Polen oder festen Punkten ausgehenden, als »Ursache« anzusehenden, Fernkraft eine »Wirkung« auf eben diese Orte vom Systemganzen, seiner absoluten Größe nach, ausgeübt werde, indem etwa eine Entnahme von Theilen des Systems auf sie wirkt, gleichsam die Existenz des noch Vorhandenen anzeigt, und damit zugleich den Hauptcharakter jener Orte, ihre später sich als Ursache äußernde Fernkrafts-Wirkungsgröße — die also hier als Wirkung auftritt — quantitativ absolut bestimmt.

Nur auf diese Weise können wir die »Ursachen«, in dem strengen Sinne, den wir dem Worte geben, von teleologischen Beimengungen befreien, und das Teleologische allemal rein in die »Bedingungen des Systems«, in seine »Antwortsfähigkeit« als integrirenden Bestandtheil, aber, wie bewiesen, im Sinne eines elementaren, nicht zerlegbaren Kennzeichens, verlegen.

Damit solches möglich würde, musste eben eine scheinbar »zweckthätige«, »taxirende« »Ursache« selbst als »Wirkung«, als Reaktion auf eine reine, nicht teleologische Ursache aufgefasst, und so der Begriff des »Taxirens« weiter analysirt werden [1]).

Das muss bei Anwendung des Causalschemas auf unser Problem geschehen, denn der alte Begriff der »Zweckursache«, der »causa finalis«, ist ein unklarer, unkritischer, nicht brauchbarer Begriff, und allemal liegt vielmehr das »finale« Element bei zweckmäßig-elementarem (»vitalistischem«) Geschehen im System, welches reagirt, begründet. »Ursachen« in unserem strengen Sinne aber sind stets bloße Ankündiger äußerer Zustände für die Systeme, auf welche sie wirken, und haben selbst mit dem Zweckbegriff nie etwas zu thun.

---

[1]) Das ist auch möglich, wenn der Begriff des »Taxirens« in menschlichen Handlungen auftritt, z. B. wenn ein Schütze mit dem Gewehr nach einem Gegenstand »zielt«: hier »wirkt« zuerst der gesehene Gegenstand mit der ihm specifischen Distanz vom Schützen auf diesen als auf ein »Lebenssystem« specifischer Art und bewirkt so sein typisches Zielen; nachdem das geschehen, wird dann erst die Thätigkeit des Schützen »Ursache« für das Folgende.

Eine nähere Ausführung und Begründung des Gesagten, das für die Gesammtheit vitalen Geschehens gültig ist, sei späterer Gelegenheit vorbehalten. —

Dass bei unseren beiden rein phänomenalistischen Darstellungsarten des Lokalisationsgeschehens bei ontogenetischen Vorgängen das teleologische Element in der das Geschehen kennzeichnenden Formel implicite enthalten ist (in den Zeichen $Z$ und $R$, $Z_p$), bedarf keiner weiteren Erläuterung.

## § 7. Ausblicke.

Was wir oben unter dem Titel »Darstellung allgemeiner Art« als Charakter des embryonalen Geschehens in Fällen, wo seine Lokalisation zum Problem wird, ermittelten, gilt, wie schon betont, viel weiter als sein Bereich hier zu reichen braucht, ist eine allgemeine Formulirung specifischen Lebensgeschehens in causalem und funktionalem Rahmen.

Jene Formulirungen selbst und ihre Gewinnung mögen Manchem als zu der übrigen Anlage dieser Studie wenig passend erscheinen, und so ist es meine Pflicht zu sagen, dass ich selbst sie nicht aus dem hier diskutirten Problem heraus, sondern auf Grund viel allgemeinerer Studien über Lebensgeschehen gewonnen und erst sekundär zu diesem Problem in Beziehung gesetzt habe. Da jene allgemeineren Studien einstweilen noch nicht veröffentlicht werden sollen, mochte immerhin ein kleiner Theil von ihnen, der in sich relativ geschlossen ist, mitgetheilt werden und zur Beleuchtung eines Specialproblems dienen.

Ist doch aber nicht nur die allgemeine Geschehensformulirung, die wir aufstellten, viel allgemeiner als das von uns analysirte Geschehen, sondern gilt Entsprechendes doch auch über den Geltungsbereich fast aller von uns verwendeten Hilfsbegriffe. Wenigstens an einem Begriff, dem der prospektiven Potenz, mag das hier kurz erläutert sein.

Schon oben wurde der Begriff der prospektiven Potenz zu dem Dynamis-Begriff des Aristoteles in Beziehung gesetzt, das besagt eigentlich schon, wie weit sich sein Gültigkeitsbereich erstreckt: er handelt von dem Inbegriff dessen, was an einem gegebenen System geschehen kann, sowie von der Gleichheit oder Ungleichheit des Systems in Hinsicht auf dieses zukünftige Geschehen.

Naturgemäß kann das Geschehen selbst auch in allen möglichen anderen Vorgängen als nur in Differenzirungsvorgängen bestehen, und es mag hier nur darauf hingewiesen sein, dass hinsichtlich der

Funktion der Hirntheile bei der Receptions- und Reaktionsthätigkeit der Thiere, beispielsweise der Säugethiere, auch die Frage nach den möglichen Leistungen derselben und nach der Vertheilung dieser Leistungen auf den Plan tritt.

Höchst auffällig erscheint auf den ersten Blick die Analogie, welche die bekannte zwischen GOLTZ und MUNK auf dem Boden der Hirnphysiologie ausgefochtene Polemik zu dem zwischen ROUX und mir über entwickelungsphysiologische Fragen entbrannten Streite bietet, höchst merkwürdig erscheint sie zunächst, bis man sich klar macht, dass im Grunde genommen in beiden Fällen begrifflich dasselbe, nämlich die Frage diskutirt wurde, ob gegebene Lebenssysteme hinsichtlich ihrer Leistungen harmonisch-äquipotentiell oder harmonisch-determinirt seien.

Ja, auch auf anorganisches Geschehen kann der Begriff der prospektiven Potenz angewendet werden, und es mag bei dieser Gelegenheit nochmals betont sein, dass ja gerade durch die Art ihrer Potenz unsere Lebenssysteme sich von anorganischen Systemen begrifflich principiell sondern, indem auf alle Fälle harmonisch-äquipotentielle Systeme, welche eben das Lokalisationsproblem in sich schließen, aber auch ohne Rücksicht auf dieses Problem, bloß wegen der mit dem Wort »harmonisch« bezeichneten Eigenschaft (s. oben pag. 58), nicht anorganischer Natur hinsichtlich der Gesetzlichkeit des Geschehens an ihnen sind; ein Satz, der freilich keine Umkehrung gestattet.

Dass auch der Begriff des »Zweckverlaufs« eine viel weitere Gültigkeit hat, als sie ihm hier vindicirt wurde, ist ebenfalls bei einigem Nachdenken leicht ersichtlich; doch soll die ausführliche Begründung dieser Sachlage späteren Zeiten aufbewahrt bleiben, und soll hier nur gesagt sein, dass es für das Principielle des Geschehens offenbar keinen Unterschied macht, ob, wie das bei morphogenetischem Geschehen ist, jeder einzelne Vorgang, eben weil er Form schafft, gleichsam eine bleibende Spur, ein Relikt, seiner Existenz zurücklässt, oder ob er das, wie etwa bei Bewegungsreaktionsfolgen höherer Thiere nicht thut: das Laufen eines Hundes ins Wohnhaus unter Umgehung aller Hindernisse bleibt trotz dieses Unterschiedes ebensowohl ein »Zweckverlauf« im Sinne unserer allgemeinen Definition, wie jede Ontogenese einschließlich des Ausgleiches ihr gesetzter Störungen[1]), oder wie etwa die Reparation des Tubularia-

[1]) Man beachte hier auch die von mir unter dem Titel »Über einige primäre und sekundäre Regulationen in der Entwickelung der Echinodermen« geschilderten Fakten. Arch. Entw.-Mech. IV.

köpfchens mit den dabei auftretenden Regulationen, oder wie der Bau eines Spinnengewebes[1]).

Ist der Begriff des Zweckverlaufes so allgemein anwendbar, so ist es natürlich auch die als seine Charakteristik aufgestellte Formel, und es wurde ja oben schon bemerkt, dass diese von mir ursprünglich auf weit umfassenderer Basis gewonnen und erst nachträglich für den hier vorliegenden Zweck specialisirt worden ist. Für den Begriff des »Anpassungsgeschehens« gilt ganz Entsprechendes.

## Schlussbetrachtungen.

### § 1. Beweis des Vitalismus.

Wir haben gezeigt, dass es im Bereich der ontogenetischen Differenzirungsvorgänge jedenfalls eine Gruppe von Geschehnissen giebt, welche einer aus den anorganischen Disciplinen bekannten Gesetzlichkeitsart nicht unterstehen, sondern eine neue, besondere, besonders gekennzeichnete Art elementarer, d. h. nicht weiter zerlegbarer Geschehensgesetzlichkeit anzunehmen nöthigen, und zwar desshalb nöthigen, weil sich principiell keine mit chemisch-physikalischen Mitteln gefertigte maschinelle Einrichtung ersinnen lässt, auf der als Basis sich das vorliegende Geschehen abspielen könnte.

In so fern die genannten Vorgänge Vorgänge an Lebenskörpern sind, ist also jedenfalls für eine gewisse Gruppe von solchen Vorgängen eine ihnen eigene specifische Geschehensart aufgedeckt worden; das heißt aber: es ist bewiesen worden, dass der Vitalismus, d. h. diejenige Auffassung, welche in Lebensgeschehnissen Vorgänge mit ihnen eigenthümlicher Elementargesetzlichkeit erblickt, zu Recht besteht.

In diesem Satze ist die wichtigste Folgerung unserer Untersuchung ausgesprochen, eine Folgerung in der That von unberechen-

---

[1]) Freilich komplicirt sich die Sachlage in so fern, als beim ersten Beispiel noch der Faktor, den wir subjektiv Erfahrung nennen, in Rechnung tritt.

Das letzte Beispiel, der Bau eines Spinnengewebes, ist in so fern von eigenartigem Interesse, als jede Phase des komplicirten Zweckverlaufes hier zwar eine Spur hinterlässt, aber nicht wie bei der Ontogenese innerhalb des werdenden, sondern außerhalb des fertigen Organismus. Von dieser Äußerlichkeit abgesehen, ist aber das Wesentliche an der »Instinkt«-Handlung des Spinngewebebauens ganz dasselbe wie das Wesentliche an jeder Ontogenese. Schon SCHOPENHAUER erkannte das (Ges. Werke. II. pag. 402ff. Reclam).

barer Tragweite, eine Folgerung aber auch, die uns eine Arbeitslast von unberechenbarer Größe aufbürdet.

Denn was wir hier in unvoreingenommener, gleichsam naiver Weise bewiesen und aussprachen, das will nun zu den anderen Wissenschaften, denen es sich koordiniren, nicht subordiniren will, in Beziehung gesetzt werden, das will sich namentlich mit den allgemeinsten Begriffen, welche jene Wissenschaften zeitigten, wie mit den Begriffen der Energie und der Materie, abfinden.

Wir überlassen diese Arbeit und ihre theilweise Bewältigung späterer Zeit, und wollen hier nur einige nähere Ausblicke und Folgerungen in Erwägung ziehen, die sich ohne Weiteres aus der von uns gezogenen Hauptkonsequenz der Untersuchung ergeben.

Wir sagten, wir hätten den Vitalismus für eine Gruppe von »Vorgängen an Lebenskörpern« stabilirt. Daraus folgt natürlich nicht, dass nun alle »Vorgänge an Lebenskörpern« vitalistischer Causalität unterstehen müssen, ja manche thun das sicherlich nicht, ohne dass umgekehrt sie darum, weil sie es nicht thun, die von uns konstatirte Vitalgeschehensart dort, wo sie gilt, alteriren könnten. Aber könnte nicht daraus folgen, dass doch alle »Lebensvorgänge« es thun, auch solche, für die es mit den hier angewandten analytischen Mitteln nicht ohne Weiteres bewiesen werden konnte? Die Begriffe »Vorgänge an Lebenskörpern« und »Lebensvorgänge« decken sich eben nicht; ja, wir hätten sogar ein sicheres Merkmal ihrer Unterscheidung gewonnen.

Für alle im Kapitel III namhaft gemachten formativen Reizwirkungen konnten wir, mit den von uns absichtlich angewandten Mitteln, nicht beweisen, dass sie vitalistischer Art seien, wir konnten es auch nicht in nöthiger Strenge für echte Regenerationen, da für die von uns angewandte analytische Begriffsmethodik die bloße Thatsache der Ersatzleistung kein Kriterium specifischer Geschehensart abgeben konnte, wie pag. 62 ausgeführt ist, und da die echten Regenerationen, wie pag. 57 zu lesen steht, nur bei ganz summarischer Causalbetrachtung, nicht aber bei solcher, die auf die Elemente des reagirenden Systems Rücksicht nimmt, sich dem Begriff der Antwortsreaktionen unterordnen. Aber unsere Methodik war ja für einen speciellen Zweck zurecht gemacht, und so werden wir uns denn durchaus gegenwärtig halten müssen, dass auch in Fällen, für die wir es mit unseren Begriffsmitteln noch nicht streng beweisen konnten, Fälle vitalistischer Geschehensart vorliegen. Allgemein apriorische Gründe machen es wahrscheinlich, dass es so ist.

Was aber würde es heißen, wenn es so wäre? Sagen wir darüber hier nur Eines, was es bedeuten würde:

### § 2. Ein Kriterium vitalistischen Geschehens.

Man ist zur Zeit geneigt, in den formatives Geschehen bewirkenden Ursachen eben Auslösungen zu sehen, die man zwar Reize nennt, weil man behauptet, von dem speciellen Maschinenmechanismus, auf den sie wirken, vorläufig noch nichts zu wissen, von denen man aber doch mit Bestimmtheit annimmt, dass sie auf so einen Maschinenmechanismus wirken, und dass ihre Effekte vermittels einer als Reizkette bezeichneten ursächlichen Verkettung einzelner principiell physikalisch-chemischer Vorgänge zu Stande komme. Bei unserer neuen Auffassung würden die »Reize« aber keine Auslösungsursachen und die Effekte keine Folgen ursächlich verketteter chemisch-physikalischer Einzelgeschehnisse sein; die Reize wären wirklich Reize, die Effekte wären keine Auslösungseffekte, sondern wären passend als Antwortseffekte zu bezeichnen, und ganz in Fortfall käme die Reizkette: an ihre Stelle eben träte die vitalistische Elementargeschehensart. Als einzig nothwendige maschinelle Data blieben Aufnahmevorrichtungen und eventuell Leitungsvorrichtungen für die Reize bestehen, vielleicht auch Mittel für die Ausführung der Antwortseffekte, wie denn ohne Vorhandensein von S schwerlich $H_2SO_4$ entstehen dürfte; aber diese maschinellen Data würden nur Voraussetzungen des Geschehens darstellen, an ihm selbst im engeren Sinne aber unbetheiligt sein, wie ja auch bei dem von uns analysirten Lokalisationsgeschehen die primär gegebene Richtungsorganisation ein solches, als Voraussetzung[1]) des Geschehens nothwendiges, maschinelles Datum war.

Ein Begriff, der viel allgemeiner ist als derjenige der Reizkette und viel tiefer als derjenige der Aufnahmeapparate und der Mittel, bliebe auch bei vitalistischer Auffassung der Sachlage in Gültigkeit: das ist der Begriff der Causalharmonie in der Ontogenese, welcher früher[2]) von mir im Breiten diskutirt ist, und welcher bekanntlich, wenn ich so optimistisch sein darf hier von »bekanntlich« zu reden,

---

[1]) Natürlich sind alle maschinellen Einrichtungen ja auch Resultate von Lebensvorgängen, sofern sie Resultate einer vergangenen Ontogenese sind. Aber überall, wo das Leben in seinen Äußerungen irgendwie »beschränkt« erscheint, hat es sich selbst beschränkt. — Eine nähere Ausführung dieses Themas gehört nicht hierher.

[2]) Anal. Theorie. pag. 82 ff., pag. 130 f.

besagt, dass bei einem komplicirt zusammengesetzten, aus von einander nicht unmittelbar abhängigen Partialgeschehnissen bestehenden Zweckverlauf Reizarten und Arten der Antwortsfähigkeit allemal zu einander passen müssen. Eine solche Causalharmonie müssen wir trotz unserer für die Ontogenese bewiesenen vitalistischen Grundansicht voraussetzen, da praktisch die von uns studirten Lebenssysteme, obwohl harmonisch-äquipontential, doch nicht absolut sondern nur in sehr hohem Grade indeterminirt sind (pag. 44).

§ 3. Die Begriffe »teleologisch« und »vitalistisch«.

In unserer Ausführung über den Begriff der Reizkette ist schon angedeutet, was unter der »Maschinentheorie des Lebens« zu verstehen sei, und früher habe ich diesen Begriff oder den Begriff einer »statisch-teleologischen Auffassung des Lebens« ausführlich erörtert[1]). Meine Schrift: »Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft« stand mit einigem Zögern, jene »analytische Theorie der organischen Entwickelung« betitelte stand rückhaltlos auf ihrem Boden.

Zu letzterer Schrift sei nun unser neugewonnener Standpunkt kurz in Beziehung gesetzt: er füllt, kurz gesagt, eine Lücke in jener analytischen Theorie aus. Ich glaubte dort, die formativen Ursachen des ontogenetischen Geschehens, im Anschluss an die Darlegungen von Herbst, erschöpfend, wenigstens im Principiellen erschöpfend dargelegt zu haben, und jetzt zeigt sich, dass gerade eine Art von Differenzirungsursachen, nämlich diejenige, welche anzunehmen gewisse Fälle von Differenzirungslokalisation nöthigen, von mir übersehen wurde, eine Art, neben welcher alle jene aufgezählten Reizarten geradezu nebensächlich werden.

Eine große Lücke war das; jetzt fülle ich sie aus, aber indem ich sie ausfülle, stürzt zugleich das Fundament, auf dem jene »analytische Theorie« im Allgemeinen ruhte, stürzt die »Maschinentheorie des Lebens«. Alle rein analytischen Ausführungen jener Schrift berührt diese Umwälzung nicht, also nicht den ganzen ersten Haupttheil mit Ausnahme von Kapitel III § 8. An Stelle dieses § 8 aber tritt die Aufstellung der ontogenetischen Differenzirungsart als eines vitalistischen Geschehens, und damit fallen der zweite und dritte Haupttheil. Sie zu ersetzen wird Aufgabe der Zukunft sein.

Das Ausfüllen einer Lücke in der »analytischen Theorie« nöthigt also dazu, die gesammten analytischen Ausführungen jener Schrift unserem neuen Rahmen einzufügen. —

---

[1]) Biol. Centralbl. XVI. pag. 353ff.

Zwar auf teleologischem Boden stand diese Schrift, die Nothwendigkeit teleologischer Auffassung des Lebensgeschehens war in ihr bewiesen worden, und sie ist auch z. B. von G. WOLFF[1]) erschöpfend bewiesen worden. Aber der Begriff der Teleologie ist viel weiter als der des Vitalismus, er befasst ihn, als »dynamische Teleologie« und die Maschinentheorie des Lebens als »statische Teleologie« unter sich[2]): Den Vitalismus habe ich erst jetzt als nothwendige Auffassung bewiesen; mir fehlten früher die Mittel, es zu thun, und auch WOLFF vermag mit den ihm aus seiner Entdeckung der Linsenregeneration zu Gebote stehenden Mitteln nur die eminente Zweckmäßigkeit jenes »Anpassungs«-geschehens darzuthun[3]), aber nicht zu »beweisen«, dass dasselbe in diesem Fall nicht im Sinne von maschinellem Geschehen vorbereitet gewesen sei. Wahrscheinlich, sehr wahrscheinlich zwar mochte ihn hier die Existenz vitalistischer Geschehensart dünken, und jetzt ist sie sicherlich noch wahrscheinlicher, aber bewiesen ist sie für diesen Fall der Linsenregeneration selbst jetzt noch nicht; bewiesen ist die Existenz vitalistischer Causalität nur für solche Fälle, welche das von uns stabilirte Lokalisationsproblem einschließen, mag auch immerhin in manchen der vorstehenden Ausführungen die Andeutung eines solchen Beweises auch für andere Fälle enthalten sein. Dass auch BUNGE's Ausführungen nur Teleologie nicht Vitalismus beweisen, bedarf nach Obigem wohl keiner näheren Begründung, und Gleiches gilt von den Darlegungen P. N. COSSMANN's in seiner Schrift[4]): »Elemente der empirischen Teleologie« (Stuttgart 1899). —

---

1) Biol. Centralbl. XIV, auch separat in »Beiträge zur Kritik der DARWIN'schen Lehre«. Dritte Abh. 1898.

2) Näher kann an diesem Orte auf eine Diskussion dieser beiden Begriffe nicht eingegangen werden. Es sei nur bemerkt, dass die Stabilirung einer dynamischen Teleologie, d. h. einer den Begriff des Zweckmäßigen immanent enthaltenden Geschehensart sehr wohl zu dem allgemeinen Causalitätsschema passt. Der alte Begriff der »causae finales« darf freilich nicht ohne kritische Analyse übernommen werden; der Charakter des »finalen« kommt nämlich nicht dem, was wir in Strenge (pag. 30) »Ursache« nennen, sondern den »Bedingungen des Systems«, auf das die »Ursache« wirkt, zu. Im Übrigen vgl. oben pag. 67.

3) WOLFF operirt mit dem Begriff »Ausschaltung der Vererbung«. Das ist dasselbe, was ich »Herstellung atypischer Ausgangspunkte« nenne; es ist ein Mittel für den Beweis des Vitalismus, aber nicht dieser Beweis selbst. Näheres im Text pag. 46 f.

4) COSSMANN will ganz allgemein den teleologischen Charakter biologischer Vorgänge und Zustände darthun. Wenn ich seine Ausführungen, von denen Kenntnis zu nehmen mir der Autor schon vor ihrer definitiven Fertigstellung freundlichst gestattete, richtig verstehe, neigt er dabei allerdings

Wir gewannen den Beweis für die Existenz vitalistischen Geschehens aus der Analyse des Problems der Lokalisation ontogenetischen Geschehens, eines Problems, das früher wohl schon dunkel

---

einem speciellen Standpunkt zu, wie er u. A. in meiner »Biologie« (Leipzig 1893) zur Geltung kommt, also einer »statischen Teleologie«.

Teleologische Nothwendigkeit ist ihm etwas neben causaler parallel Einhergehendes; sie widerspricht nicht der »Allgültigkeit«, sondern nur der behaupteten »Alleingültigkeit« der Causalität; auch die teleologische Betrachtung handelt von »nothwendigen Zusammenhängen«; der Begriff der Nothwendigkeit ist weiter als derjenige der Causalität: »es giebt daher keinen Grund, wesshalb dieselbe Erscheinung nicht verschiedenen Zusammenhängen eingeordnet werden könnte, je nachdem, mit welchen anderen Erscheinungen wir sie zusammenhalten« (pag. 26).

Den Begriff »Ursache« verwendet COSSMANN in weiterem Sinne, als ich auf pag. 30 dieser Arbeit; in diesem weiteren Sinne stellt er die Formel $W = f(U)$ als Formel für causales Geschehen auf; als Formel für teleologische Zusammenhänge gilt ihm $M = f(A, S)$, wo $A$ das »Antecedenz«, $M$ das »Medium«, $S$ das »Succedenz« bedeutet, Ausdrücke, die wohl ohne Weiteres verständlich sind.

COSSMANN's Teleologie scheint mir im Grunde einen rein formalen Charakter zu besitzen und nichts Definitives über die specielle Fassung derselben auszusagen; desshalb dünkt mich auch, haben die von ihm und mir verwendeten Formelausdrücke für »teleologisches« Geschehen eine logisch ganz verschiedene Bedeutung:

COSSMANN's Formel $M = f(A, S)$, wo $S$ konstant ist, drückt weniger eine Abhängigkeit, als vielmehr eine bloße logische Zuordnung (wenigstens in Bezug auf das $S$) aus, und würde von irgend einem Einzelvorgang an einer komplicirten Maschine, z. B. einem Photographieautomaten, auch gelten.

Meine Formel dagegen (pag. 61 dieser Arbeit) $\mathfrak{h}'_1 = \varphi(Z, g_1, g'_1)$, wo $Z$ und $g_1$ konstant sind, drückt eine wirkliche Abhängigkeit, ein Bestimmtwerden durch $Z$ in jedem Einzelfalle aus, und Gleiches gilt von meiner Formel (pag. 64) $xyz = \varphi(G, R)$ in Bezug auf das konstante $R$. — Bei Maschinengeschehen hat solche Abhängigkeit des einzelnen Geschehens, selbst wenn es regulatorischer Art ist, nicht statt, und eben darum kommt in der Formel (pag. 62) $\mathfrak{h}'_1 = \psi(g'_1, k_1)$ $Z$ nicht vor, ist außerdem $g'_1$ hier konstant.

Die wirkliche Abhängigkeit von $Z$ (oder $R$) in jedem einzelnen unter unbestimmt vielen möglichen Fällen kennzeichnet eben das, was ich Antwortsgeschehen nenne; schon darin, dass COSSMANN auf diesen Begriff des unbestimmt Möglichen nicht ausdrücklich eingeht, ist ausgesprochen, dass er seine Formel gar nicht als für »Antwortsgeschehen«, sondern als viel allgemeiner gültig angesehen wissen will:

»Wenn überhaupt Geschehen im Bereiche des Lebens statt hat, dann gebührt ihm diese begriffliche Charakteristik: $M = f(A, S)$«, das soll sie besagen, aber nicht, wie meine Formel: »Hier hat zugeordnete Abhängigkeit auf Grund unbestimmter Möglichkeiten statt«. —

Eingangs ist schon gesagt, dass COSSMANN dem, was ich »Maschinentheorie des Lebens« nenne und u. A. in meiner »Biologie« vertreten habe, zuneigt. Dazu passt es nun freilich nicht ganz, wenn er sich an einigen Stellen (pag. 43, 49) gegen eine Auffassung der Organismen als Maschinen wendet. Obwohl ich

von mir gesehen, aber nicht klar, so wie es ist, erkannt worden war. Der 1893 von mir aufgestellte Begriff der »Position« schloss das Problem unbewusst ein, aber die angebliche causale Auflösung dieses Begriffes, die mich später richtig dünkte und in Wahrheit nur ein unbewusstes Zugeständnis an den Dogmatismus der Maschinentheorie des Lebens war, ließ aus dem unbewussten Ahnen des Richtigen lange Zeit keine bewusste Erkenntnis desselben werden. Anderen ist es nicht besser ergangen, und ich bitte hier nur die ahnungsvoll richtigen Ausführungen ROUX's aus den achtziger Jahren[1]) mit den unumwunden dogmatisch-antivitalistischen Äußerungen desselben verdienten Forschers vom Jahre 1897[2]) zu vergleichen: auch das schien jenem Autor ein Fortschritt zu sein und war ein Rückschritt.

Ganz Recht hatte ich, wenn ich im Jahre 1892 sagte: »ein völlig unbekanntes Korrelationsprincip beherrscht die Formbildung«; trotz seiner unanalytischen Form war dieser kurze Satz richtiger als meine spätere angebliche Auflösung des Unbekannten in Bekanntes.

Will man es mir gestatten, hier schließlich noch einiges Persönliche über den Gedankengang, der mich jetzt die »Maschinentheorie

---

das sachlich billige, billige ich es nicht methodisch, d. h. er hat meiner Ansicht nach mit seinen Mitteln kein Recht, es zu thun:

Der Grund, dass das Geschehen an Maschinen in seiner Specifität nicht »naturgesetzlich« sei (pag. 43), ist hier wohl nicht stichhaltig; auch sagt er ja einmal (pag. 51), »die einzelnen Erscheinungen« der Lebensvorgänge seien »von einem anorganischen Gebilde oder einem Artefact aus denkbar«. — Nun, mir scheint, es kommt gerade auf diese »einzelnen Erscheinungen« an für die Entscheidung für oder gegen den Vitalismus; dann müsste ja aber COSSMANN nach seinem Ausspruch gegen ihn für die Maschinentheorie auftreten.

An einer Stelle (pag. 48/49) ist COSSMANN dem Begriff der »Antwortsreaktion« nahe, der nach unserer Auffassung ja allerdings gegen die Maschinentheorie beweist, aber andere Dinge, die er als ganz gleichwerthig hinstellt, z. B. die Chemotaxis der Leukocyten bei Entzündungen (pag. 50) und Anderes, fallen wieder nicht ohne Weiteres unter diesen Begriff und beweisen gar nichts für oder gegen die Maschinentheorie; beweisen aber freilich für die Teleologie allgemein. Wie gesagt, war solches COSSMANN's eigentliche Absicht, und sie hat er jedenfalls erfolgreich durchgeführt. —

Dass bei dem ausgesprochenen »Vitalismus«, den diese meine Studie vertritt, sich Alles anders, weil bestimmter, darstellt als bei COSSMANN, dass namentlich der Zweckgesichtspunkt mit dem Causalen bei mir zu einer Einheit, einer »Ursachsart«, wennschon nicht im Sinne der »causa finalis« (pag. 67 und 74 Anm. 2), verquickt wird (das Wort »Ursache« im weiten Sinne genommen, einschließlich der »Bedingungen des Systems«), das sei hier nur angedeutet. Sollen doch hier nur Andeutungen gegeben, nicht aber unserer Beider Ansichten explicite mit einander verglichen werden.

[1]) Z. B. Ges. Abh. II. pag. 141f., 188f.

[2]) Arch. Entw.-Mech. V. pag. 69/70, 255, 306/307, 313.

des Lebens« als unzureichend nachweisen und den »Vitalismus« beweisen ließ, beizufügen, so sei gesagt, dass der Begriff der Antwortsreaktion (pag. 56) der Ausgang meines Denkens über die Probleme des »Vitalismus« war, und dass es jahrelang mein Bemühen war, seine Realisation in gestaltenden Lebensgeschehnissen an Beispielen darzuthun, d. h. darzuthun, dass es deren gäbe, die nicht als auf Basis einer Maschine geschehend gedacht werden könnten. Unabhängig von diesem Gedankengang erschien mir dann, wie pag. 9 f. geschildert, die Lokalisation ontogenetischer Vorgänge in gewissen Fällen als Problem, bis mir schließlich klar ward, dass eben dieses »Problem« ein Beispiel dessen involviren, was ich so lange gesucht hatte, ja dass ohne alle neuen Ermittelungen, bloß durch entsprechende Zergliederung alter sich das, was ich lange gewollt, in Strenge leisten lasse. —

## § 4. Unsere Methodik.

Wie ist es aber nun möglich gewesen, jetzt, ohne Hinzuziehung irgend welchen neuen Materials, in analytisch durchgeführter Weise zu leisten, was mir früher zu leisten versagt blieb, ja, von dessen Leistung ich mich eine Zeit lang immer weiter entfernte?

Durch Anwendung einer konsequenten, vorurtheilslosen analytischen Forschungsmethode ist das möglich geworden, und über eben diese Methode mag zum Schluss des Ganzen noch Einiges gesagt sein.

Ich frage an erster Stelle nicht: »warum geschieht das, was hier geschieht?«, sondern ich frage vor allem Anderen: »was geschieht hier eigentlich?« und zwar frage ich so in einem Falle, wo man vorher überhaupt nicht gefragt hatte. In diesen kurzen Worten ist das ganze Geheimnis meiner jetzt angewandten Methode gekennzeichnet. Ich könnte auch sagen, dass ich an allererster Stelle frage: »Was ist die Voraussetzung dessen, was vorgeht?[1])«

Die Beantwortung dieser Frage führt auf einen letzthin analysirten Ausdruck für das Geschehen und seine Voraussetzungen, und aus Diesem ergiebt sich dann schon von selbst, wie Beides zu

---

[1]) Das hier Gesagte ist die streng logische Formulirung meines Denkvorgehens. Praktisch ist in der Anlage des Ganzen, der leichteren Verständlichkeit halber, zuerst die Frage nach den Voraussetzungen des Geschehens, der prospektiven Potenz, dann die nach dem »Warum«, dann die nach dem »Wie« beantwortet, wobei ja freilich, wie sich schließlich herausstellte, die Beantwortung der Frage nach den Voraussetzungen diejenige der Frage nach dem Wie eigentlich schon eingeschlossen hatte (pag. 66).

bekanntem Geschehen und dessen Voraussetzungen sich stellt und sich nicht stellt.

Das von uns aufgestellte »Problem« wird so durch bloße Zergliederung und Formulirung des ihm zu Grunde liegenden Thatbestandes »gelöst«.

Neu ist die Methode nicht, wenigstens nicht im Gebiet der Wissenschaften überhaupt: Galilei fand nach ihr die Fallgesetze und legte so den Grundstein zur wissenschaftlichen Mechanik; er hatte an erster Stelle nicht »warum fällt ein Körper?« sondern »wie fällt ein Körper?« gefragt, und ebenso steht bei Newton die Frage nach dem »Warum« der Massenbewegungen im Hintergrunde gegenüber der Frage nach dem »Wie« und den Voraussetzungen des »Wie«.

Nach dem »Warum«, nach der causa, mag und muss bei vollständiger Behandlung natürlich für jeden einzelnen Fall eines Geschehens der gerade studirten Art gefragt werden, aber erst nachdem das »Wie«, d. h. die Regel, das »Gesetz«, nach welchem der Einzelfall verläuft, der Erkenntnisgrund (ratio) für den Einzelfall, ermittelt ist, und eben nur auf so einen Einzelfall bezieht sich »die Frage nach dem Warum«. Um sie zu beantworten mögen dann auch neue Begriffe von »Wirkungsweisen«, »Fernkräften« und dergleichen konstruirt werden, wenn sie nur dem bei Beantwortung der Frage nach dem »Wie« gefundenen Naturgesetz nicht widersprechen.

Neben dieser Fragestellung nach dem »Wie« und in zweiter Linie nach dem »Warum« war wesentlich für die Durchführung meines Vorhabens der Ausgang vom Begriff des »Atypischen«, der allein die Feststellung des »Wie« des Geschehens ermöglichte, seine Subsumption über den Begriff der »Antwortsreaktion« gestattete; hierüber ist oben (pag. 46 f.) Hinreichendes gesagt worden.

Mein Versuch, durch rein analytische Darstellung des Geschehens[1]) »Naturgesetze« zu ermitteln, dürfte, wenigstens im Gebiete der Morphologie der Lebewesen, ja vielleicht im Gebiete der Biologie

[1]) Ich könnte auch sagen durch »analytische Formulirung«. Über den Begriff der »mathematischen Formulirung« beobachteter Geschehnisse habe ich früher einmal gehandelt und gezeigt, wie er allein durch Vergleich mit bekannten mathematisch formulirten Dingen Gesetzlichkeiten zu finden gestatte. Es handelte sich dabei um quantitative (mathematische) Verhältnisse und um eine Unterordnung des Formulirten unter bekannte physikalische Gesetzlichkeiten (z. B. die Kapillaritätsgesetze): jetzt handelt es sich um rein funktionale Verhältnisse und es ergiebt sich ihre Nebenstellung neben Bekanntes. Aber der logische Process bleibt derselbe. Vgl. meine Schrift: »Die math. mech. Betrachtung etc.« Jena 1891.

überhaupt, der erste sein. Dass dieser Versuch für mich nur Theil eines größeren einheitlichen Ganzen ist, das ich in einiger Zeit zu vollenden hoffe, ist oben gesagt, und es sind auch einige Ausblicke auf dieses größere Ganze mitgetheilt worden.

Ich stelle also in dieser Schrift noch nicht etwa die allgemeine Norm des Vitalgeschehens auf, wohl aber eine allgemeine Form desselben, während Alles, was bisher in »causaler Morphologie« geleistet war, entweder nur in Vorarbeiten bestanden hatte, indem man, wie bei den Untersuchungen über die Potenz von Blastomeren, die Voraussetzungen des Geschehens, nicht dieses selbst studirte, oder aber, wo man weiter ging, doch immer nur Kategorien von Geschehensarten äußerlich zusammenstellte (Begriffe der Barymorphosen, Photomorphosen etc.) ohne auf die Charakteristik des Geschehens, des Reagirens selbst Rücksicht zu nehmen. —

Unvollkommen ist sowohl dieser Versuch und unvollkommen wird noch weit mehr jener größere Entwurf sein.

Denn es handelt sich in Allem um ganz neue Dinge und Begriffe, man könnte fast sagen, dass es zunächst gelte, sich eine Sprache überhaupt zu schaffen für das, um das es sich handele. Wie denn ja in der That gerade die Hauptabschnitte der vorliegenden Studie in einer für biologische Darstellungen bisher durchaus ungewohnten Weise abstrakt sind und gar nicht von »Thieren« oder »Pflanzen« zu handeln scheinen; ein Verfahren, das wohl zunächst viele Leser abstoßen wird, das aber trotzdem jenes ist, von dem allein ich einen wirklichen Fortschritt wissenschaftlich-biologischer Erkenntnis erhoffe.

Der unkritische ältere Vitalismus nützt uns so gut wie gar nichts, er hielt die Begriffe Teleologie und Vitalismus nicht aus einander, bewies überhaupt nichts und versuchte nicht irgendwie sich mit der Erkenntniskritik aus einander zu setzen.

Dass aber gerade Letzteres für eine künftige Theorie des Vitalismus die Hauptsache sein wird, ist klar, und es ist schon oben angedeutet, dass z. B. das Verhältnis unseres »Vitalagens« zu den Begriffen »Causalität«, »Energie« und »Materie«, von vielen Anderen zu schweigen, einer sehr eindringenden Diskussion bedarf.

Hier soll eine solche, von den wenigen oben zerstreuten Bemerkungen abgesehen, desshalb nicht unternommen werden, weil der eigentliche Zweck dieser Arbeit eben nur der ist, zu zeigen, dass es in der That eine Art specifisch-elementarer

Gesetzlichkeit im Bereich der Lebensgeschehnisse giebt. Offenbar ist dieses »dass« zunächst das Wesentlichste, und sein Nachweis wohl geeignet, Selbstzweck einer Studie zu sein.

Nur dieses Eine, dass nämlich der »Vitalismus« nicht etwa in der Einführung einer neuen »Energieart« bestehe, mag hier schon bemerkt sein: was er »einführt« als »Agens«, ist etwas ganz wesentlich Anderes. —

Also unvollkommen ist das Geleistete und noch unvollkommener wird später zu Leistendes sein; aber andererseits sei doch auch betont, dass diese Unvollkommenheit nicht auf einem Grunde beruht, den man gerade jetzt wohl noch sehr geneigt sein möchte, dafür anzuführen:

Unsere Ausführungen sind nicht desshalb unvollkommen, weil sie nicht quantitativ sind, und zwar desshalb nicht, weil der Begriff der Quantität in dem Sinne, wie er in der Physik und theilweise in der Chemie auftritt, bei den von uns diskutirten Problemen, vielleicht bei eigentlich biologischen Problemen überhaupt, ja gar nicht auftritt. Physikalische Gesetze handeln von Beziehungen gegebener einheitlicher Kategorien zu einander ihrer Größe nach, chemische Gesetze schon handeln nur noch zum Theil davon, und biologische Gesetze dürften so gut wie ausschließlich von den Beziehungen gegebener einheitlicher Kategorien zu einander ihrer Qualität und zeitlich-örtlichen Specifität nach handeln. Nicht darauf, wie im Specifischen eine Analyse beschaffen sei, nicht darauf, welche der allgemeinen Begriffsformen sie verwende, kommt es an, um sie zu einer wahrhaft wissenschaftlichen, erschöpfenden zu stempeln, sondern darauf, dass sie wirklich bis zu jenen allgemeinen Begriffsformen vordringe, mag auch der Quantitätsbegriff in ihr gar nicht oder nur nebenbei angetroffen werden.

Bis zu solchen allgemeinen abstrakten Begriffsformen sind wir vorgedrungen, und desshalb ist das von uns ermittelte »Gesetz« den Quantitätsgesetzen der Physik durchaus koordinirt. Wer aber nicht aut dem Boden der zumal von OSTWALD und MACH befürworteten phänomenalistischen Naturforschung steht, sondern sich von der älteren mit Fernkräften operirenden Art physikalischer Forschung nicht trennen mag, dem sei ins Gedächtnis gerufen, dass ja auch wir unser Naturgesetz im Rahmen des Causalschemas in Form von Wirkungsarten specifischer Fernkräfte dargestellt haben und damit die Forderungen auch der älteren Schule erfüllten: auch der von uns zu diesem Zwecke erfundene »Elementarmechanismus«, um in der Sprache des

verdienten Paul du Bois-Reymond [1]) zu reden, steht den »Elementarmechanismen« der Physik an Rang und Werth durchaus koordinirt da: Fiktionen sind sie alle, praktische Erfindungen zum Zwecke anschaulicher Darstellung der Befunde für Solche, denen bloß begriffliche Darstellung nicht genügt.

Man tadle also nicht an dem mittels unserer Methode gewonnenen vitalistischen »Naturgesetz«, dass es eigentlich nicht sehr viel aussage: es sagt gerade so viel aus, wie sich über das vorliegende Geschehen in allgemeiner Hinsicht aussagen lässt, d. h. in so fern, als Abhängigkeitsverhältnisse allgemeiner Art an ihm auftreten. Ich habe früher die Roux-Weismann'sche Ansicht von der Entwickelung »eine Photographie des Problems« genannt, desshalb, weil sie nicht viel mehr sage, als dass in einem beliebigen Theil eines Organismus das aus ihm Folgende und auch die »Kräfte«, dieses Folgende hervorzubringen, latent enthalten seien [2]); das war nicht viel mehr als eine Beschreibung des der theoretischen Betrachtung als Problem vorliegenden roh ermittelten Sachverhaltes mit anderen Worten. In wie fern solches der Fall sei, wollen wir eben wissen, und über dieses »Wie« erfahren wir etwas, wenn wir, wie das in dieser Studie geschehen, uns auf Grund des Geschehens mit atypischen Ausgangspunkten analytische Begriffe schaffen, wie es diejenigen der »prospektiven Potenz«, des »harmonisch-äquipotentiellen Systems«, des »Elementarprocesses«, der »Lokalisation«, der »Regulation« sind, und mit Hilfe ihrer jenes Geschehen in allgemeiner Form kennzeichnen.

Wir haben den anorganischen Wissenschaften etwas sehr Wesentliches zur Durchführung unserer Absicht entlehnt: ihre Unbefangenheit, ihre Methode; nicht entlehnt haben wir ihre specifischen Resultate. Auch haben wir uns um alle von ihr gezeitigten Begriffe allgemeiner Art zunächst gar nicht gekümmert, obwohl wir ein Abfinden mit ihnen von der Zukunft forderten. Gerade diese vollkommene provisorische Nichtachtung allgemeinster von den anorganischen Wissenschaften gezeitigter Begriffe ließ uns das, was unser Problem als wesentlich gekennzeichnet, rein erkennen und rein darstellen, ließ uns das »Geschehen« rein formuliren, während uns die Übernahme feststehender Begriffe, zumal wenn sie ohne besondere Kritik erfolgt wäre, nur hinderlich gewesen wäre und uns vielleicht

[1]) Vgl. dessen Schrift »Über die Grundlagen der Erkenntnis in den exakten Wissenschaften«, die von mir im VI. Theil meiner »Entwickelungsmechanischen Studien« (Zeitschr. f. wiss. Zool. LV) benutzt ist.

[2]) Näheres siehe: Anal. Theorie. pag. 151 ff.

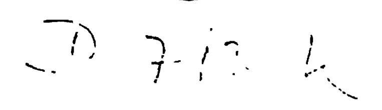
nur Schwierigkeiten vorgetäuscht hätte, wo in Wirklichkeit gar keine existiren, wie ja so oft schon »Schwierigkeiten« nur aus falscher Fragestellung entstanden sind: das »Ignorabimus« Emil du Bois-Reymond's bietet ein gutes Beispiel.

Wohl nichts hat in der That der Entwickelung der theoretischen Biologie so geschadet wie gerade das Haften an einem dogmatischen »Stoff«- oder »Materien«begriff, von dem auch die Roux-Weismann-sche Entwickelungstheorie von allem Anfang an, namentlich in dem Begriff der »Kontinuität des Keimplasmas«, ausgeht, und von dem, trotz Kant's Kritik des Materienbegriffes, fast jeder Naturforscher heutigen Tages glaubt ausgehen zu müssen. In der Frage, wie der fertige, zerlegte Organismus seinen unzerlegten Ausgangspunkt wieder bilden könne, sieht man mit Vorliebe ein so ganz besonders »schwieriges« Problem, aus dessen bloßer Aufstellung man schon glaubt eine Reihe der wichtigsten Folgerungen ziehen zu können: was aber schafft hier die »Schwierigkeit«, wenn nicht ganz allein der Dogmatismus der »Maschinentheorie des Lebens«, jener Dogmatismus, der es verbieten will, Neues, Einfaches einzuführen und damit eben »Schwierigkeiten« zu lösen?

Gerade der Umstand, dass wir uns nicht von Anfang an dogmatische, ohne Prüfung übernommene Begriffe banden, sondern Allgemeinbegriffe und deren Kritik vielmehr fürs Erste ganz bei Seite ließen und rein analytisch vorgingen, erlaubte uns, es als eine auch wissenschaftlich wohl zu Recht bestehende Auffassung zu erweisen, wenn dem naiven Bewusstsein der Völker die Entstehung des Eichbaumes aus der Eichel als eine ganz für sich bestehende, wunderbare Erscheinung galt und gilt.

Begonnen: San Martino di Castrozza, 9. IX. 98.
Vollendet: Napoli, 19. XI. 98.

---



Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.


3 2044 019 271 873

